

SILVANA SILVA DE MEDEIROS

Msc. ENGENHEIRA AGRÍCOLA

**CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DO PINHÃO MANSO
SOB ADUBAÇÃO FOSFATADA E IRRIGAÇÃO COM ÁGUA RESIDUÁRIA**

ORIENTADORES: Profª. Dra. VERA LÚCIA ANTUNES DE LIMA

Prof. Dr. CARLOS ALBERTO VIEIRA DE AZEVEDO

Tese apresentada ao Curso de Pós -
Graduação em Engenharia Agrícola do Centro
de Tecnologia e Recursos Naturais da
Universidade Federal de Campina Grande, em
cumprimento às exigências para obtenção do
título de Doutor em Engenharia Agrícola, Área
de concentração Irrigação e Drenagem.

CAMPINA GRANDE, PB

FEVEREIRO, 2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Tese

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DO PINHÃO MANSO
SOB ADUBAÇÃO FOSFATADA E IRRIGAÇÃO COM ÁGUA RESIDUÁRIA

SILVANA SILVA DE MEDEIROS

CAMPINA GRANDE, PB
FEVEREIRO, 2012



FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFSCG

M488c Medeiros, Silvana
Silva de.

Crescimento e produção do pinhão manso sob adubação fosfatada e irrigação com água residuária / Silvana Silva de Medeiros. – Campina Grande, 2012.

76 f. : il.

Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

Orientadores: Profa. Dra. Vera Lúcia Antunes de Lima, Prof. Dr. Carlos

Alberto Vieira de Azevedo.

Referências.

1. Irrigação. 2. *Jatropha curcas* L. 3. Teor de Óleo. I. Título.

CDU 626.8(043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

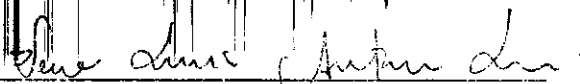


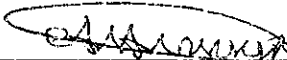
PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA TESE

SILVANA SILVA DE MEDEIROS


**CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DO PINHÃO MANSO SOB ADUBAÇÃO
FOSFATADA E IRRIGADA COM ÁGUA RESIDUÁRIA**


BANCA EXAMINADORA


Dr.^a Vera Lúcia Antunes de Lima
Orientadora (UAEA/CTRN/UFCG)


Dr. Carlos Aiberto Vieira de Azevedo
Orientador (UAEA/CTRN/UFCG)

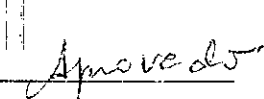

Dr.^a Silvia Margareti de Juli M. Kurtz
Examinadora (UFRPE)

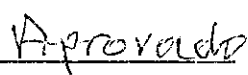

Dr.^a Maria Sallydelândia Sobral de Farias
Examinadora (UAEA/UFCG)

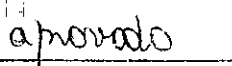

Dr.^a Maria Betânia H. dos Santos
Examinadora (UFCG)

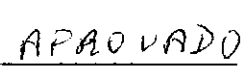

Dr. Soahd Arruda Rached Farias
Examinadora (UAEA/UFCG)

PARECER













FEVEREIRO - 2012

Agradecimentos

A DEUS, que sempre esteve ao meu lado, presenteando-me com saúde, paz, amor, coragem e muita força para realizar este trabalho, a fim de que eu conquistasse mais uma etapa na minha vida.

A meus pais, Carlos e Mosma que são o motivo da minha existência e pelo qual into e vivo cada dia em minha vida.

Aos meus irmãos Silvio e Silvia e a todos os meus familiares pelo apoio, carinho e estímulo durante esta caminhada.

Ao Curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, pela oportunidade na realização deste curso.

Aos meus orientadores Profa. Dra. Vera Lúcia Antunes de Lima e Prof. Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo por todos os ensinamentos transmitidos e valiosa contribuição acadêmica e pela amizade e incentivo.

A professora Sallydelandia pela amizade e confiança em mim depositada para realizar estagio de docência.

Aos funcionários do Laboratório de Irrigação e Drenagem (LEID), Seu Geraldo e D. Marlene pela amizade e convívio todos os dias.

Aos meus amigos de curso, Navilta, Pedro Henrique, Doroteu, Aaron, Danila, Evami, Iedo, Euler, Betania, Ramon, Sebastião Júnior, Francisco Júnior pela ajuda nas horas mais difíceis e união.

Aos alunos do Curso de Graduação em Engenharia Agrícola e bolsistas do Pibic, Patrício, Diego e Débora pelo bom convívio e amizade.

As minhas amigas Riuzauni, Joelma e Aline pela amizade sincera que vem desde a graduação e vem sendo fortalecida a cada ano.

E um agradecimento especial ao meu amigo Eptácio de Alcântara Freire (in memorian) que nos deixou uma grande saudade e um sentimento de amizade verdadeira que nunca será esquecida.

Agradeço a todas as pessoas que direta ou indiretamente, contribuíram para a minha formação profissional, visando à realização desta pesquisa.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	iii
LISTA DE FIGURAS	iiii
RESUMO	iv
ABSTRACT	v
1 - INTRODUÇÃO	1
2 - OBJETIVOS	3
2.2 - Objetivos Específicos	3
3 - REVISÃO DE LITERATURA	4
3.1- Caracterização do Pinhão Manso e condições de cultivo	4
3.2 – Importância econômica	5
3.3 – Adubação	8
3.3.1 – Adubação Fosfatada	9
3.3.2 - O Fósforo na planta e no solo	10
3.4 - Manejo da irrigação	10
3.5 - Eficiência do uso da água	11
3.6 - Qualidade da Água na Agricultura	11
3.6.1 - Água Residuária	13
4 - MATERIAL E MÉTODOS	16
4.1 - Localização do experimento	16
4.2 - Formação das mudas e Instalação do experimento	16
4.3 - Delineamento experimental e tratamentos	17
4.4 - Lisímetros e material do solo	18
4.5 - Manejo de Irrigação	20
4.6 – Variáveis de crescimento	21
4.6.1 - Altura de planta (AP)	21

4.6.2 - Diâmetro do caule (DC).....	21
4.6.3 - Área foliar (AF) ou comprimento das folhas (CF).....	21
4.7 - Variáveis de produção	22
4.7.1 - Números de cachos (NC).....	22
4.7.2 - Número de frutos (NF) e Peso seco dos frutos (PSF)	22
4.8 - Teor de óleo das sementes (TO).....	23
4.9 - Variáveis de balanço hídrico	23
4.9.1 - Consumo de água (CA).....	23
4.9.2 - Eficiência de Uso da Água (E.U.A.)	24
4.10 - Análise de Fertilidade do Solo no Final do Experimento.....	24
4.11 - Análise Estatística	24
5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
5.1 - Variáveis de crescimento	25
5.1.1 - Altura de planta (AP).....	25
5.1.2 - Diâmetro caulinar (DC).....	31
5.1.3 - Área Foliar (AF).....	36
5.2 - Variáveis de produção	41
5.2.1 - Número de cachos por planta (NCP).....	41
5.2.2 - Peso seco dos frutos (PSF), peso da semente (PS) e número de frutos por planta (NFP).....	46
5.2.3 - Teor de óleo nas sementes.....	47
5.3 - Variáveis de Balanço Hídrico.....	50
5.3.1 - Consumo de água (CA).....	50
5.3.2 - Eficiência do uso da água.....	51
5.4 - Fertilidade do solo após a irrigação	51
6 - CONCLUSÕES.....	55
7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1:** Recomendação de adubação para cultura do pinhão manso, de acordo com a idade das plantas..... 7
- Tabela 2:** Características químicas do solo antes e após a calagem..... 19
- Tabela 3:** Características físico-químicas do solo utilizado no experimento..... 20
- Tabela 4:** Caracterização química das águas utilizadas nas irrigações, água de abastecimento e residuária doméstica tratada..... 20
- Tabela 5:** Resumo da análise de variância para a altura da planta (cm) do pinhão manso aos 40; 80; 120; 160; 200; 240; 280 e 320 dias após o transplântio submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses crescentes de fósforo. Universidade Federal de Campina Grande, PB. 2011..... 25
- Tabela 6:** Resumo da análise de regressão para a variável altura da planta do pinhão manso aos 40; 80; 120; 160; 200; 240; 280 e 320 dias após o transplântio submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses crescentes de fósforo. Universidade Federal de Campina Grande, PB. 2011..... 27
- Tabela 7:** Valores médios da altura da planta (cm) nas diferentes fases vegetativas do pinhão manso em função da aplicação de diferentes lâminas de irrigação e doses crescentes de fósforo. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB. 2011..... 28
- Tabela 8:** Resumo da análise de variância para a variável diâmetro caulinar (cm) do pinhão manso aos 40; 80; 120; 160; 200; 240; 280 e 320 dias após o transplântio submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses crescentes de fósforo. Universidade Federal de Campina Grande, PB. 2011..... 31
- Tabela 9:** Resumo da análise de regressão para a variável diâmetro caulinar do pinhão manso aos 40; 80; 120; 160; 200; 240; 280 e 320 dias após o transplântio submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses crescentes de fósforo. Universidade Federal de Campina Grande, PB. 2011..... 32
- Tabela 10:** Valores médios do diâmetro caulinar (cm) nas diferentes fases vegetativas do pinhão manso em função da aplicação de diferentes lâminas de irrigação e doses crescentes de fósforo. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB. 2011..... 33
- Tabela 11:** Resumo da análise de variância para a variável área foliar (cm²) do pinhão manso aos 40; 80; 120; 160; 200; 240; 280 e 320 dias após o transplântio submetido a

diferentes lâminas de irrigação e doses crescentes de fósforo. Universidade Federal de Campina Grande, PB. 2011.....	36
Tabela 12: Resumo da análise de regressão para a variável área foliar do pinhão manso aos 40; 80; 120; 160; 200; 240; 280 e 320 dias após o transplântio submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses crescentes de fósforo. Universidade Federal de Campina Grande, PB. 2011.....	38
Tabela 13: Valores médios da área foliar (cm ²) nas diferentes fases vegetativas do pinhão manso em função da aplicação de diferentes lâminas de irrigação e doses crescentes de fósforo. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB. 2011.....	39
Tabela 14: Resumo da análise de variância para as variáveis, peso seco dos frutos (PSF), peso da semente (PS), número de cachos por planta (NCP), número de frutos por planta (NFP) e teor de óleo (TO) das sementes do pinhão manso submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses crescentes de fósforo.....	41
Tabela 15: Resumo da análise de regressão para as variáveis peso seco dos frutos (PSF), peso da semente (PS), número de cachos por planta (NCP), número de frutos por planta (NFP) e teor de óleo (TO) das sementes do pinhão manso submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses crescentes de fósforo. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB. 2011.....	42
Tabela 16: Valores peso seco dos frutos (PSF), peso da semente (PS), número de cachos por planta (NCP), número de frutos por planta (NFP) e teor de óleo (TO) das sementes do pinhão manso em função da aplicação de diferentes lâminas de irrigação e doses crescentes de fósforo. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB. 2011.....	43
Tabela 17: Volume (L) de água aplicado correspondente a cada lâmina de irrigação. .49	
Tabela 18: Eficiência de uso da água do pinhão manso em função do peso das sementes e consumo total de água aplicado (kg/m ³).....	51
Tabela 19: Características químicas do solo no início e final do experimento.	52

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da área experimental.....	16
Figura 2. Croqui do experimento instalado no interior da casa de vegetação.....	17
Figura 3. Experimento montado.....	18
Figura 4. Detalhe da identificação de cada parcela.....	18
Figura 5. Frutos nos cachos.....	23
Figura 6. Frutos coletados para secagem.....	23
Figura 7. Altura da planta nas diferentes fases de desenvolvimento do pinhão manso em função das doses crescentes de fósforo aplicado.....	30
Figura 8. Altura da planta nas diferentes fases de desenvolvimento do pinhão manso em função das lâminas de irrigação aplicadas.....	30
Figura 9. Diâmetro do caule (mm) nas diferentes fases de desenvolvimento do pinhão manso em função das doses crescentes de fósforo aplicado.....	34
Figura 10. Diâmetro do caule (mm) nas diferentes fases de desenvolvimento do pinhão manso em função das lâminas de irrigação aplicadas.....	35
Figura 11. Área foliar (cm ²) nas diferentes fases de desenvolvimento do pinhão manso em função das doses crescentes de fósforo aplicado.....	40
Figura 12. Área foliar (cm ²) nas diferentes fases de desenvolvimento do pinhão manso em função das lâminas de irrigação aplicadas.....	40
Figura 13 e 14. Número de cachos por planta do pinhão manso em função das doses de fósforo e das lâminas de água.....	44
Figura 15, 16 e 17. Número de frutos por planta, peso seco das sementes e o peso das sementes do pinhão manso em função das lâminas de irrigação aplicadas. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, 2011.....	46
Figura 18. Teor de óleo do pinhão manso em função das lâminas de irrigação aplicada.....	47
Figura 19. Teor de óleo do pinhão manso em função das doses de fósforo.....	47
Figura 20. Somatório do volume total aplicado de água durante o experimento.....	50

CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DO PINHÃO MANSO SOB ADUBAÇÃO FOSFATADA E IRRIGAÇÃO COM ÁGUA RESIDUÁRIA

RESUMO

Diante do crescimento da população global, do acelerado desenvolvimento industrial, da redução das reservas mundiais de petróleo e da preocupação ambiental ha uma busca por novas alternativas de matrizes energéticas renováveis que sejam ao mesmo tempo ecologicamente correta, socialmente sustentável e economicamente viável. Diante disso, a cultura do pinhão manso (*Jatropha curcas L.*) vem se destacando cada vez mais no cenário nacional, devido a algumas características intrínsecas da cultura, por ser uma planta perene da família das Euforbiáceas, resistente às condições adversas de clima e solo e com um potencial para produção de óleo para fins energéticos, considerado bastante elevado. Uma vez que os estudos sobre essa cultura devido a sua recente exploração e visando estudar e melhorar o rendimento desta cultura foi desenvolvido na Universidade Federal de Campina Grande-PB, um trabalho comparando níveis de água residuária e adubação fosfatada no crescimento e produção do pinhão manso sob ambiente protegido de casa de vegetação. O delineamento experimental foi realizado em blocos casualizados em esquema fatorial $[4 \times 5] + 1$, cujos fatores foram quatro níveis de água residuária disponível no solo (50, 75, 100 e 125%) e cinco doses de fósforo (0, 100, 200, 300 e 400 mg/kg de solo) e uma testemunha absoluta com água de abastecimento 100% com adubação exclusiva só de N e K, com três repetições, perfazendo assim um total de 63 parcelas experimentais. Onde para os fatores estudados, o que mais foi significativo, a nível de nutrição para planta foi a água residuária, rica em nutrientes essenciais para o crescimento e desenvolvimento do pinhão manso e nas doses de Fósforo, os melhores resultados foram principalmente com relação ao diâmetro caulinar. Com relação a E.U.A. o aumento da disponibilidade de água no solo ocasionou maior eficiência de uso da água pelas plantas de pinhão manso, resultando em maior produção.

Palavras-chave: Irrigação, *Jatropha curcas L.*, teor de óleo.

v

GROWTH AND PRODUCTION JATROPHA IN FERTILIZER AND PHOSPHATE IRRIGATION WITH WASTEWATER

ABSTRACT

Faced with growing global population, the rapid industrial development, reduction of world oil reserves and environmental concerns there is a search for new alternatives of renewable energy matrices that are both environmentally friendly, socially sustainable and economically viable. Given this, the cultivation of jatropha (*Jatropha curcas* L.) has been emphasizing more on the national scene, due to some intrinsic characteristics of culture, being a perennial plant of the Euphorbia family, resistant to adverse conditions of climate and soil and a potential for oil production for energy purposes, considered quite high. Since studies on this crop because of its recent exploration and to study and improve the yield of this culture was developed at the Federal University of Campina Grande-PB, a study comparing levels of wastewater and phosphorus fertilization on growth and yield of jatropha under protected green house. The experiment was conducted in randomized blocks in factorial scheme $[4 \times 5] + 1$, whose factors were four levels of available soil wastewater (50, 75, 100 and 125%) and five P rates (0, 100, 200, 300 and 400 mg / kg soil) and a control with water supply with 100% exclusive only fertilizer N and K, with three replicates, thus making a total of 63 experimental plots. Where for the factors studied, which was more significant, the level of nutrition for the wastewater plant was rich in nutrients essential for growth and development of jatropha and doses of phosphorus, the best results were mainly related to the diameter stem. With respect to the U.S. increased availability of water in the soil resulted in higher efficiency of water use by plants jatropha, resulting in higher production.

Keywords: Irrigation, *Jatropha curcas* L, oil content.

1 - INTRODUÇÃO

Segundo Carrielli (2008) o pinhão manso é uma planta oleaginosa viável para a obtenção do biodiesel visto que produz, no mínimo, duas toneladas de óleo por hectare. Devido a esta possibilidade abrem-se amplas perspectivas para o crescimento das áreas de plantio com esta cultura no semiárido nordestino.

De acordo com Oliveira et al. (2010), o pinhão manso está sendo considerado uma opção agrícola vantajosa para o Nordeste, por se tratar de uma espécie exigente em insolação. Conforme Ferrari et al. (2009) esta oleaginosa produz cerca de 1.340 a 3.200 kg ha⁻¹ de frutos, com potencial para atingir 8.000 kg ha⁻¹.

O pinhão manso, pelo emprego do seu óleo e possibilidade de uso na produção do biodiesel, grande rusticidade, a boa adaptação às variações do meio ambiente e pelo papel que pode exercer na proteção do solo, podendo ser cultivado, ainda, em consórcio com outras culturas de importância econômica como o amendoim, algodão entre outras, tem grande importância para o melhor aproveitamento agrícola da região semiárida, sendo uma opção para a economia dessa região (Saturnino, 2005).

Em geral os solos brasileiros, em especial os do Nordeste, são ácidos e de baixa fertilidade natural, principalmente em nitrogênio e fósforo, que têm limitado o rendimento das culturas (Souza et al., 2009). Limitações de fósforo no início do ciclo vegetativo podem resultar em restrições no desenvolvimento das raízes e na parte aérea, das quais a planta não se recupera posteriormente, mesmo aumentando o suprimento de fósforo a níveis adequados, no decorrer de seu crescimento (Grant et al., 2001).

O suprimento adequado de fósforo é diferente dos demais nutrientes essenciais desde o estágio inicial de crescimento da planta para garantir um bom desenvolvimento (Zucareli et al., 2006). Neste sentido, Almeida Júnior et al. (2009) obtiveram, pesquisando doses de fósforo em mamona, cultura da mesma família do pinhão manso diferença significativa positiva afirmando que o fósforo age no crescimento nos primeiros meses de cultivo.

A aplicação de efluente de esgotos tratado no solo é uma forma efetiva de controle da poluição e uma alternativa viável para aumentar a disponibilidade hídrica em regiões áridas e semiáridas. Os maiores benefícios desta forma de reúso estão associados aos aspectos econômicos, ambientais e de saúde pública (Silva et al., 2009).

A utilização das águas residuárias tratadas na agricultura é importante não apenas por servir como fonte extra de água, mas também de nutrientes para as culturas (Sandri et al., 2007). Neste contexto, as plantas desempenham papel fundamental, ou seja, que é o de utilizar os nutrientes disponibilizados pelas águas residuárias, extraindo macro e micronutrientes, além do carbono (matéria orgânica) necessário ao seu crescimento, evitando seu acúmulo e a consequente salinização do solo, além da contaminação das águas superficiais e subterrâneas (Ribeiro et al., 2009).

Neste sentido, são vários os motivos para se reutilizar a água na agricultura, proveniente tanto de esgotos como de drenagem, com destaque para a dificuldade crescente de se identificar fontes alternativas de águas para irrigação e custos elevados dos sistemas de tratamento, necessários para descarga de efluentes em corpos receptores, desde que o manejo adequado da irrigação seja considerado, no intuito de minimizar os danos ao meio ambiente. O consumo de água e a EUA pela cultura é de fundamental importância no manejo da irrigação, por isso a necessidade de analisar o desenvolvimento da espécie *Jatropha curcas L.*, irrigado com água residuária tratada.

2 - OBJETIVOS

2.1 - Objetivo Geral

Estudar, em condições de ambiente protegido, o efeito de doses de adubação fosfatada e da aplicação da irrigação com água residuária tratada, sobre as características do crescimento e produtividade da cultura do pinhão manso (*Jatropha curcas L.*).

2.2 - Objetivos Específicos

1. Determinar a dose de adubação fosfatada favorável ao crescimento e a produção;
2. Comparar o efeito no crescimento e produção do pinhão manso dos tratamentos com água residuária tratada com o tratamento testemunha;
3. Determinar o teor do óleo presente na amêndoa da semente;
4. Determinar o consumo e a eficiência de uso da água (EUA);
5. Analisar a fertilidade do solo antes e após o experimento.

3 - REVISÃO DE LITERATURA

3.1- Caracterização do Pinhão Manso e condições de cultivo

A Família euforbiacea compreende aproximadamente 8000 espécies com cerca de 320 gêneros. O gênero *Jatropha curcas* L. contém cerca de 160 espécies de plantas, em que varias delas apresentam valor medicinal, ornamental e outras produzem óleo (Nunes, 2008).

O pinhão manso é uma oleaginosa pertencente à família das Euforbiáceas, também conhecido como pinhão do Paraguai, purgueira, pinha de purga, pinhão de cerca, pinhão bravo, pinhão branco, purgante de cavalo, physic nut (inglês), pourghère (França), pinoncillo (México), tempate (América Central), purguera (Portugal), entre outras definições (Gusmão, 2010).

Segundo Castro Neto (2009), o pinhão manso é uma planta caducifólia, as folhas caem em parte ou totalmente quando termina a estação chuvosa ou durante a estação fria, quando a planta entra em um período de repouso. Neste estado a planta permanece até o começo da primavera ou da estação chuvosa.

Seus frutos são capsulas de cor marrom-escuro quando maduros com três sementes escuras e lisas, dentro das quais se encontra a amêndoa branca, rica em óleo (Coelho et al. 2005). Os frutos maduros apresentam o epicarpo com coloração externa marrom-escuro e os frutos secos apresentam o epicarpo de coloração preta e, em fase de deiscência, mesocarpo seco e sementes de coloração preta, com presença de estrias (Nunes et al., 2008).

Possui folhas alternadas e de pecíolo longo, na forma de coração, as inflorescências são em forma de panícula cimeira, definidas com flores pequenas na cor amarelo-esverdeado, em um mesmo ramo podem ocorrer flores masculinas, flores femininas e flores hermafroditas, possuem também uma floração descontínua com frutos da mesma inflorescência de idades diferentes (Tominaga et al., 2007).

A abertura das flores femininas na mesma inflorescência ocorre em dias diferentes. Após a abertura da primeira flor as outras se abrem, diariamente, durante cerca de 11 dias consecutivos. A polinização é por insetos (abelhas, formigas, trips e moscas). Da flor ao fruto maduro são decorridos cerca de 60 dias (Dias et al., 2007).

O florescimento do pinhão manso, o crescimento e a reprodução são influenciados pelo estágio nutricional da planta. Ocorrendo deficiência nutricional, a planta cresce menos e ramifica menos, o que implicará em menos frutos, já que os mesmos são produzidos nas pontas dos ramos. O pinhão manso é uma planta que responde às doses de potássio e fósforo, promovendo crescimento inicial rápido (Santos et al 2007).

Segundo Ferrari et al, 2009, plantas de pinhão manso produzem cerca de 1.340 a 3.200 kg ha⁻¹ de óleo, com potencial para atingir 8000 kg ha⁻¹ de óleo, dependendo do teor de óleo na semente (30 a 50%) e da tecnologia de produção adotada como manejo de irrigação, entre outras. O pinhão manso inicia sua produção no primeiro ano de cultivo, embora atinja o seu clímax produtivo a partir do quarto ano. Tominaga et al. (2007) afirmam que o pinhão manso produz, em média, 0,1, 0,5, 2,0 e 4,0 kg planta⁻¹, de sementes, nos primeiro, segundo, terceiro e quarto anos de cultivo, respectivamente, quando cultivado no espaçamento 3 x 2 m (densidade de 1.667 plantas ha⁻¹) e que em dependendo do espaçamento mais adensado, a produtividade pode ultrapassar os 6.000 kg ha⁻¹ de sementes.

Drumond et al. (2010), obtiveram produtividades variando de 330 kg ha⁻¹, em condições de sequeiro, a 1.200 kg ha⁻¹, em área irrigada, já no primeiro ano de cultivo em Petrolina-PE. Santos (2008), afirma que o pinhão manso produz, no mínimo, duas toneladas de óleo por hectare ano⁻¹, apresentando rendimento de 4 a 5 kg de frutos por planta e teor de óleo na semente de 35 a 40%. Em análises comparativas realizadas recentemente pela Embrapa, é previsto um rendimento médio da soja é de 375 a 600 kg de óleo por hectare (kg ha⁻¹); da mamona, de 350 a 1.188 kg ha⁻¹; do girassol, de 630 a 725 kg ha⁻¹, e com previsão futura, que o pinhão manso possa produzir entre 1.340 a 3.200 kg ha⁻¹ de óleo (Santos, 2008).

A produtividade do pinhão manso varia muito em função da região de plantio, método de cultivo e tratos culturais, idade da cultura, bem como da quantidade de chuva e da fertilidade do solo.

3.2 - Importância econômica

Segundo Brasil (1985), nos países importadores basicamente Portugal e França, as sementes de pinhão manso sofrem o mesmo tratamento industrial que as bagas de

mamona, isto é, cozimento prévio e esmagamento subsequente em prensas tipo "expeller", para extração do óleo que, em seguida, é filtrado, centrifugado e clarificado, resultando em um produto livre de impurezas.

Além de produzir óleo, o pinhão manso também pode ser utilizado para outros fins, tais como:

- a) substituição parcial do arame em cercas vivas, já que os animais evitam tocá-lo devido ao látex cáustico que escorre das folhas arrancadas ou feridas;
- b) pode ser usado como suporte para plantas trepadeiras, como a baunilha (*Vanilla aromática*), visto que o tronco possui casca lisa e macia;
- c) atua como fixador de dunas na orla marítima (Peixoto, 1973).

A denominação científica em grego "Jatropha" significa medicamento; de fato, na medicina humana e veterinária o pinhão manso era bastante utilizado (Cáceres, et al. 2007; Tomiyaga et al. 2007). As raízes da planta são consideradas diuréticas e antileucêmicas e as folhas são empregadas para combater doenças de pele; são eficazes também contra o reumatismo e possuem poder antissifilítico, enquanto as sementes são utilizadas como vermífugo ou purgante, verificando-se casos de intoxicação em crianças e adultos, quando as ingerem em excesso, o que pode ser perigoso e até fatal. Atribuem-se as propriedades tóxicas do pinhão manso a uma globulina, a curcusina, e também ao ácido jatrópico, de toxicidade igual ou superior à da ricinina. A ingestão de uma única semente fresca pode causar vômito e diarreia (Peixoto, 1973).

O alto teor de óleo das sementes de pinhão-manso, entre 30 e 50%, aliado à característica de queimar sem liberar fumaça, fez dele um dos mais conhecidos biocombustíveis de origem tropical.

Recentemente, o pinhão manso está sendo considerado uma opção agrícola principalmente para a região Nordeste, por ser uma espécie nativa, exigente em insolação e com forte resistência à seca.

A torta, que contém ainda aproximadamente 8% de óleo, é re-extraída com solventes orgânicos, geralmente hexano, sendo a torta residual ensacada para aproveitamento como fertilizante natural, em virtude dos teores elevados de nitrogênio, fósforo e potássio (Pinhão Manso, 2010).

O pinhão manso, além de ser excelente fornecedor de óleo vegetal para o biodiesel, está sendo estudado para a recuperação de áreas degradadas, em áreas

marginais e de baixa fertilidade e em regiões de baixa precipitação não sendo necessário mecanização da área a ser plantada (Tomimaga et al., 2007)

Como se trata de uma cultura perene, segundo Peixoto (1973), pode ser utilizado na conservação do solo, pois o cobre com uma camada de matéria seca reduzindo, desta forma, a erosão e a perda de água por evaporação, evitando enxurradas e enriquecendo o solo com matéria orgânica decomposta. O plantio do pinhão manso já é tradicionalmente utilizado como cerca viva para pastos, no Norte de Minas Gerais, com a vantagem de não ocupar áreas importantes para outras culturas e pastagens, favorecendo o consórcio nos primeiros anos, pois o espaçamento entre plantas é grande (Purcino e Drummond, 1986).

3.3 – Adubação

O pinhão manso sobrevive bem em solos pobres e secos, podendo desenvolver-se em áreas marginais e atuar na recuperação de áreas degradadas porém, para se obter altas produtividades, deve-se pensar em solos com boa fertilidade, corrigidos e com bom teor de umidade (Tomimaga et al., 2007).

O solo da cova do plantio deve conter elevado teor de nutrientes visto que, na fase de muda o sistema radicular do pinhão manso tem baixa eficiência de absorção; além disso, a planta entra em produção já no primeiro ano de cultivo e, quanto melhor for o seu estabelecimento inicial no campo maior será a produtividade inicial da cultura (Dias et al., 2007). Os autores recomendam adubação de produção em função da idade do pinhão manso (Tabela 1).

Tabela 1: Recomendação de adubação para a cultura do pinhão manso, de acordo com a idade das plantas.

Idade da Planta (ano)	g/planta	Formulado (N-P-K)
0 a 1	120 a 150	20-00-15
1 a 2	160 a 200	20-10-15
3 a 4	300 a 375	20-10-15
4 a 5*	600 a 750	20-10-15

*A partir de 5º ano de cultivo seguir a recomendação de adubação para o 4º ano Fonte: Dias et al. (2007)

Segundo Brasil (1985) o aproveitamento dos resíduos da extração do óleo do pinhão manso, como adubo orgânico nos plantios desta euforbiácea, além de enriquecer o solo com matéria orgânica, incorpora significativa quantidade de nitrogênio, fósforo e potássio, contribuindo para manter um nível de produtividade mais regular da cultura e diminuindo o consumo de fertilizantes químicos. Para este autor, a adubação verde com leguminosas é outro procedimento recomendado para a fertilização dos campos cultivados com o pinhão manso, pois de modo geral fornecem altos rendimentos por unidade de área plantada fixando o nitrogênio atmosférico e o transferindo aos solos, por decomposição orgânica dos nutrientes essenciais como fósforo, cálcio ou enxofre, além do nitrogênio.

De acordo com Teninaga et al. (2007), a adubação de cobertura com nitrogênio deve ser feita cerca de dois ou três meses após plantio, quando sua altura chega a quase 1 m. Recomenda-se aplicar 40 g de N por planta, na forma de uréia ou sulfato de amônio. A partir do segundo ano, a adubação de cobertura deve ser feita logo após a primeira chuva e dependendo do resultado da análise do solo, além do nitrogênio devem ser aplicados também fósforo e potássio (Teninaga et al. 2007).

3.3.1 – Adubação Fossilizada

A recomendação de adubação de uma cultura depende das demandas nutricionais das plantas para os crescimentos vegetativo e reprodutivo (Laviola et al., 2007). Também devem ser levadas em consideração a eficiência de aproveitamento dos adubos aplicados e a fração de nutrientes suprida pelo solo (Prezotti, 2001).

Segundo Laviola e Dias (2008) tanto a composição química como o acúmulo de nutrientes em folhas e frutos são informações imprescindíveis para conhecer as exigências nutricionais de uma planta. Posteriormente, essas informações podem servir como subsídio para estimar a quantidade dos nutrientes a ser fornecida às plantas por meio da adubação.

O pinhão manso é uma planta que responde às doses de potássio e fósforo, promovendo seu crescimento inicial rápido (Santos et al. 2007).

O fósforo (P) é um elemento essencial no metabolismo das plantas, desempenhando papel importante na transferência de energia da célula, na respiração e

na fotossíntese. É também componente estrutural dos ácidos nucleicos de cromossomos, assim como de muitas coenzimas, fosfoproteínas e fosfolípidos. As plantas requerem um suprimento constante de fosfato durante toda a sua vida. No início do desenvolvimento as quantidades exigidas são pequenas, aumentando com o tempo. Na época da frutificação as necessidades são atendidas, em parte, pelas mobilizações das reservas. As plantas absorvem o P da solução do solo nas formas de íons $H_2PO_4^-$ e HPO_4^{2-} . Após a absorção, o P permanece na forma de fosfato (Machado, 2009).

Apesar de terem seu desenvolvimento muito reduzido, as plantas podem apresentar sintomas visuais típicos de deficiência de P, quando há uma baixa disponibilidade de P no solo (Ramos, 2006). De modo geral os sintomas visuais de deficiência são: plantas pouco desenvolvidas, abortamento das flores, maturação tardia dos frutos e folhas de cor verde-escuro e muitas verde-arroxeadas (Souza, 1999).

Como a mamoneira, o pinhão manso contém teores elevados de óleo e proteínas nas sementes, demandando quantidades elevadas de nutrientes, especialmente nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio (Savy Filho, 2005). Dessa forma, a obtenção de produtividades elevadas requer o cultivo em solos férteis ou suplementados via adubação (Oliveira et al., 2010). Entre os nutrientes utilizados na adubação de oleaginosas, o fósforo destaca-se como o elemento mais estudado e com maior resposta em produtividade, o que está associado, principalmente, à baixa eficiência de absorção do nutriente pela cultura (Lavres Junior et al., 2009). O nutriente é essencial ao crescimento da planta, que consome grande quantidade de energia para garantir o armazenamento de óleo nas sementes (Ferreira et al., 2005).

3.3.2 – O Fósforo na planta e no solo

O nitrogênio (N), o fósforo (P) e o potássio (K), são os três elementos geralmente usados em maior escala na adubação. Analisando os tecidos vegetais verifica-se que a quantidade de fósforo é muito menor que as quantidades de nitrogênio e do potássio.

Mesmo assim, quando se recomenda adubação desses 3 (três) elementos, verifica-se que a proporção de fósforo, em geral, igual ou maior do que aquelas de N e K.

A explicação para este fato reside na consideração do que ocorre com o fósforo, quando aplicado no solo. Enquanto o N e o K dos adubos permanecem no solo de forma

que as raízes podem aproveitar durante um período mais ou menos longo, com o P não ocorre o mesmo.

O fósforo dos fertilizantes reage de modo mais ou menos rápido com o solo sendo, por isso convertido de maneira que as plantas não absorvem (Machado, 2009)

A deficiência de fósforo pode reduzir não apenas a respiração mas também a fotossíntese porém, se a respiração reduzir mais que a fotossíntese, os carboidratos se acumulam, deixando as folhas com coloração verde-escuro (Hoppe et al. 1999).

Laviola e Dias (2008) observaram que o fósforo encontra-se entre o quarto e o quinto nutrientes mais requeridos pelo pinhão manso, é muito limitante, sobretudo na fase inicial de crescimento da cultura. Além dos solos brasileiros apresentarem baixo teor natural de P, este nutriente é rapidamente fixado pela fração argila, constituída, principalmente, por óxidos de ferro e alumínio (Novais e Smyth, 1999). Em alguns resultados de pesquisas constata-se que nos primeiros anos de cultivo, o pinhão manso é muito responsivo à adubação fosfatada (Silva et al., 2007; Santos et al., 2007). Assim, o fornecimento de P para o pinhão manso, sobretudo nos primeiros anos de cultivo, deve ser em maior quantidade que o acumulado pela planta. À medida que a planta cresce, a área de exploração do sistema radicular se expande e a eficiência de recuperação de P no solo aumenta (Prezotti, 2001).

O P se movimenta muito pouco na maioria dos solos, com isto, pouco P é perdido por lixiviação. O escoamento superficial e a remoção pelas culturas são as únicas formas significativas de perda de fósforo (Machado, 2009).

3.4 - Manejo da irrigação

A qualidade da água utilizada na irrigação é uma característica que deve ser questionada antes do início do cultivo, pois se trata de um dos fatores que têm limitado ou impossibilitado a expansão da produção agrícola no Nordeste brasileiro. Além disso, a alta taxa de evapotranspiração e a baixa pluviosidade contribuem para salinização dos solos irrigados (Medeiros, 1992).

A agricultura irrigada depende tanto da quantidade como da qualidade da água. A importância da qualidade da água só começou a ser reconhecida a partir do início deste século. A falta de atenção a este aspecto foi devida à disponibilidade de águas de boa qualidade e de fácil utilização, porém isto está mudando em vários lugares, em

função do aumento de consumo por águas de qualidade, restando como alternativa o uso de águas de qualidade inferior (Ayers e Westcott, 1999).

3.5 - Eficiência do uso da água

A quantidade de água de rega num determinado cultivo deve ser aquela que maximiza os objetivos do produtor por unidade de área cultivada ou unidade de água aplicada (English e Raja, 1996), e o conceito de Eficiência do Uso da Água (EUA) pode ser utilizado para medir como a água é utilizada na agricultura. A E.U.A. pode ser definida como a razão entre o rendimento da cultura e sua evapotranspiração (Hatfield et al., 2001; Anyia e Herzog, 2004).

A eficiência de uso da água é a relação entre a produção e o volume de água utilizado pela cultura durante todo seu ciclo, fornecendo um modo simples de avaliar se a produção está sendo limitada pelo suprimento de água ou por outros fatores (Angus e Van Herwaarden 2001).

A eficiência do uso da água (E.U.A.) e a resistência à seca são frequentemente tratadas como sinônimos, embora normalmente não estejam relacionadas; para Doorenbos e Kassam (1994), a 'E.U.A.' refere-se a uma variável de rendimento total da colheita por unidade de água utilizada (kg m^{-3}) e o maior objetivo das pesquisas nesta área reside em se conseguir altos valores de eficiência, mantendo-se altas produtividades, porém a ênfase dada à resistência a seca é frequentemente relacionada à sobrevivência da planta durante períodos de déficit hídrico, resultante do baixo fornecimento de água e alta radiação, temperatura e demanda evaporativa da atmosfera (Hernandez, 1991).

De acordo com o autor, tanto a produtividade biológica como a de frutos e a quantidade de água evapotranspirada, são dependentes do balanço de energia e a eficiência de uso de água, por sua vez, é dependente da distribuição de energia dentro da cultura.

3.6 - Qualidade da Água na Agricultura

A água é fator de fundamental importância para a produção de alimentos, especialmente sob condições irrigadas. A prática da irrigação é, em muitas situações, a única maneira de garantir a produção agrícola com segurança, sobretudo em regiões

tropicais de clima quente e seco, como é o caso do semiárido do Nordeste brasileiro, onde ocorre déficit hídrico para as plantas devido a taxa de evapotranspiração exceder a de precipitação durante a maior parte do ano.

A qualidade da água de irrigação é determinante não apenas em função de suas características físicas, químicas e biológicas como, também, da adequação ao uso específico a que se destina (Ayers e Westcot, 1999). Tal necessidade exige conhecimento prévio, não só de suas propriedades, mas também dos efeitos e riscos à saúde e ao meio ambiente.

Para Ayers e Westcot (1999), na utilização de esgotos na agricultura, devem ser levadas em consideração às características físico-químicas e biológicas das águas, que se refletem na produtividade e na qualidade das culturas, na manutenção da fertilidade do solo e na proteção do homem e do meio ambiente. Entre os contaminantes de esgotos que podem degradar a qualidade dessas águas estão os sais, os nutrientes e os traços de elementos químicos, os quais estão relacionados com os principais problemas no solo como salinidade, permeabilidade, toxicidade de íons específicos e concentração de nutrientes.

Os esgotos sanitários possuem teores de macro e micronutrientes suficientes para o atendimento da demanda da maioria das culturas; assim, a irrigação das culturas através de corpos d'água que recebem lançamentos de esgotos sanitários, pode ser considerada uma fertirrigação (Nuvolari, 2003). Para as culturas sensíveis o máximo recomendado de cloretos na água de irrigação é 210 mg L^{-1} . Teores de 99 mg L^{-1} de cloretos na água de irrigação não acarretam qualquer efeito prejudicial, enquanto teores acima de 351 mg L^{-1} podem causar problemas graves (Mancuso e Santos, 2003).

O nível de cloretos no efluente secundário é maior que o encontrado na água para abastecimento. O tratamento de esgotos padrão não remove o cloro do efluente devido à elevada solubilidade dos compostos de cloro. As tecnologias de dessalinização para remover cloro são muito caras e, comumente, os níveis de cloro nos efluentes municipais secundários permanecem abaixo daqueles considerados prejudiciais para a maioria das culturas agrícolas; no entanto, altas concentrações desse elemento no efluente de esgoto, como em outras fontes de água, podem atingir águas subterrâneas (Feigin et al., 1991).

Dependendo do tipo de irrigação a ser utilizado, pode ocorrer, ainda, maior ou menor intensidade de absorção do cloreto e caso sua concentração exceda a tolerância

da planta, pode causar redução das taxas de crescimento e produzir danos com seus sintomas característicos, como necrose e queimadura nas folhas. A toxicidade mais frequente é a provocada pelo cloreto contido na água de irrigação (Ayers e Westcot, 1999; Mancuso e Santos, 2003).

3.6.1 - Água Residuária

O reúso de água ou o uso de águas residuárias, não é um conceito novo e tem sido praticado em todo o mundo, há muitos anos. A reutilização planejada da água faz parte da estratégia global para a administração da qualidade das águas, proposta pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente e pela Organização Mundial de Saúde (DAE, 2010).

No Brasil, nas regiões áridas e semiáridas, nas quais a água tornou-se um fator limitante para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola, os órgãos de planejamento e entidades gestoras de recursos hídricos procuram continuamente novas fontes de recursos para complementar a pequena disponibilidade hídrica ainda disponível (Hespanhol, 2003).

Dentre os principais sistemas de disposição de águas residuárias no solo (irrigação, infiltração/percolação e escoamento à superfície), a irrigação de culturas tem sido o método mais acessível e eficiente, particularmente nos países em desenvolvimento onde não há uma política para o custo de tratamento das águas residuárias (Feigin et al., 1991).

A Lei 9433, de 08 de janeiro de 1997, instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, cujo objetivo principal é assegurar à atual e às futuras gerações, a disponibilidade necessária de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos, mesmo assim, o lançamento direto de esgotos domésticos e industriais tem sido a principal causa da contaminação dos corpos d'água no Brasil.

Água residuária é um termo usado para caracterizar os dejetos provenientes das diversas modalidades do uso e da origem das águas, tais como as de uso doméstico, comercial, industrial; as de estabelecimentos públicos, áreas agrícolas; de superfície, de infiltração, pluviais e outros efluentes sanitários (Van Haandel e Lettinga, 1994; Jordão e Pessoa, 1995; Braga et al., 2002).

Para Von Sperling (1996), as águas residuárias são águas poluídas pela adição de substâncias ou formas de energia que, direta ou indiretamente, alteram a natureza do corpo d'água de uma maneira tal, que prejudicam os legítimos usos que dele são feitos.

As águas residuárias podem ser classificadas como doméstica, industrial e agrícola, em função da sua origem. A quantidade de efluente doméstico produzido é dependente do padrão de vida das pessoas, das condições climáticas e da estação do ano e suas características químicas são influenciadas pela fonte de água, sistemas de esgoto, tipo de estação de tratamento (concepção do tratamento) e natureza de descarga industrial dentro do sistema municipal de esgoto (Feigin et al., 1991).

As águas residuárias domésticas são geralmente perenes, e sua composição é essencialmente orgânica e relativamente constante quando existe controle domiciliar de água (Mendonça, 1990).

Os esgotos domésticos provêm, principalmente, de residências e de edificações públicas e comerciais que concentram aparelhos sanitários, lavanderias e cozinhas. Apesar de variarem em função das condições socioeconômicas das populações, do clima e dos hábitos, os esgotos domésticos têm características bem definidas e compõem-se, basicamente, das águas de banho, urina, fezes, restos de comida, sabões, detergentes e águas de lavagem (Von Sperling, 1996; Braga et al., 2002).

Geralmente, os esgotos sanitários possuem mais de 98% de sua composição constituída de água, porém há contaminantes, entre os quais se destacam: sólidos suspensos, compostos orgânicos (proteínas: 40% a 60%; carboidratos: 25% a 50% e óleos e graxas: 10%), nutrientes (nitrogênio e fósforo), metais, sólidos dissolvidos inorgânicos, sólidos inertes, sólidos grosseiros, compostos não biodegradáveis, organismos patogênicos e, ocasionalmente, contaminantes tóxicos decorrentes de atividades industriais ou ocasionais (Prosaó, 2007).

Além dos sólidos grosseiros encontrados nos despejos domésticos, existem, ainda, os sólidos inorgânicos, os quais representam 30% da quantidade de material sólido presente nos despejos. Estes são compostos por partículas de areia, sais e metais passíveis de acarretar abrasão excessiva nas tubulações, válvulas, registros e bombas; entupimentos e obstruções nas tubulações; formação de depósitos de material inerte nos decantadores, digestores e reatores biológicos.

O poder poluente das águas residuárias domésticas será maior, quanto mais elevada for a concentração de matéria orgânica. Essa concentração é medida

principalmente pela Demanda Bioquímica e Oxigênio - DBO e Demanda Química de Oxigênio - DQO, (Mendonça, 1990).

De acordo com Sousa e Leite (2003), os esgotos domésticos além de apresentar elementos contaminantes, possuem nutrientes suficientes para o desenvolvimento das culturas, apresentam altas concentrações de carbono, oxigênio, hidrogênio, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, elementos indispensáveis às plantas.

4 - MATERIAL E MÉTODOS

4.1 - Localização do experimento

O experimento foi realizado em ambiente protegido, localizado nas dependências da Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Departamento de Engenharia Agrícola na cidade de Campina Grande, PB, cujas coordenadas geográficas são latitude sul 7°12'52", longitude oeste 35°54'61" e altitude 547,56 m, no período de Abril de 2010 a Abril de 2011. Conforme o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), o município apresenta precipitação total anual de 802,7 mm, temperatura máxima de 27,5°C, mínima de 19,2°C e umidade relativa do ar de 70%.

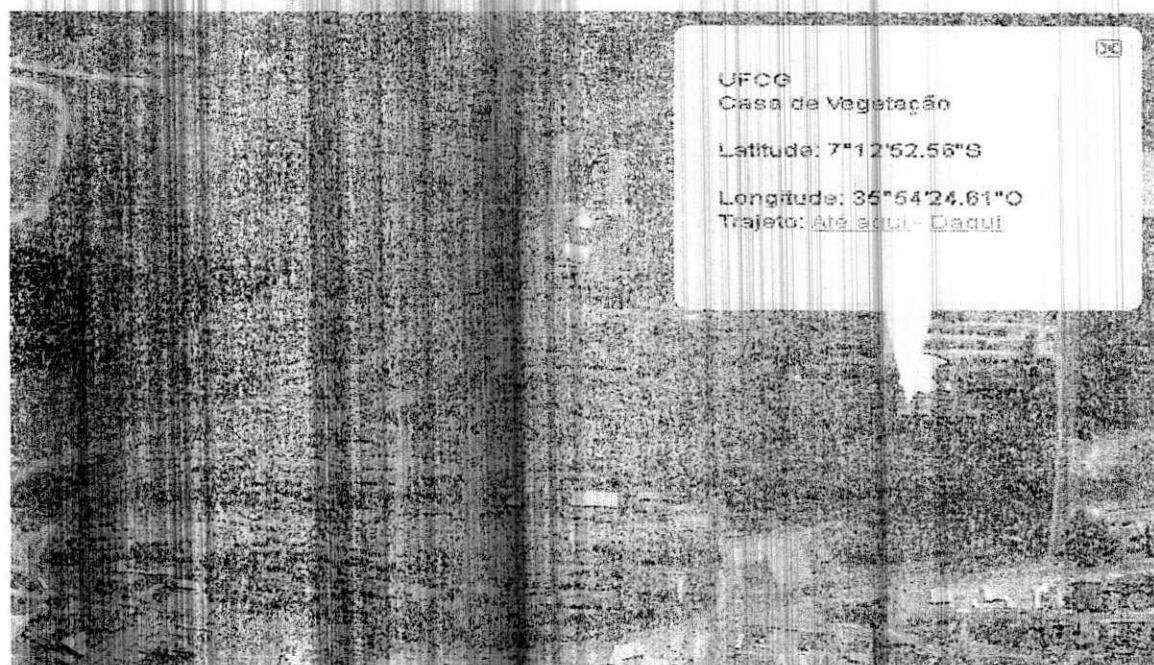


Figura 1. Localização da área experimental

4.2 - Formação das mudas e instalação do experimento

A semeadura do pinhão manso foi realizada em sacos plásticos contendo substrato orgânico (húmus de minhoca), em unidade mantida em capacidade de campo para possibilitar a seleção das plantas mais vigorosas. As sementes do pinhão manso utilizadas foram adquiridas pela Epagri de Minas Gerais, MG, pré-selecionadas e semeadas na profundidade de 2 cm.

O transplante ocorreu aos 30 DAS (dias após o semeio), para vasos que foram irrigados até atingir a capacidade de campo e posteriormente, foram realizadas irrigações com turno de rega de dois dias aplicando-se dois litros de água de abastecimento e aos 60 DAS foram iniciados os tratamentos.

4.3 - Delineamento experimental e tratamentos

Foi adotado o delineamento experimental em blocos casualizados em esquema fatorial $[4 \times 5] + 1$, cujos fatores foram quatro lâminas de água residual correspondentes a 50, 75, 100 e 125% da capacidade de campo e cinco doses de fósforo 0, 100, 200, 300 e 400 mg de P_2O_5 /kg de solo, correspondentes a 0, 54g, 107g, 160g e 214g de Fósforo respectivamente e uma testemunha absoluta irrigada com água de abastecimento 100% da capacidade de campo com adubação exclusiva só de N e K, com 3 (três) repetições, perfazendo, assim o total de 63 parcelas experimentais.

Adotou-se o espaçamento de 1,90 x 2,00 m das parcelas experimentais dentro do bloco e 1,60 m entre blocos. Na Figura 2, pode ser verificado a distribuição do experimento.

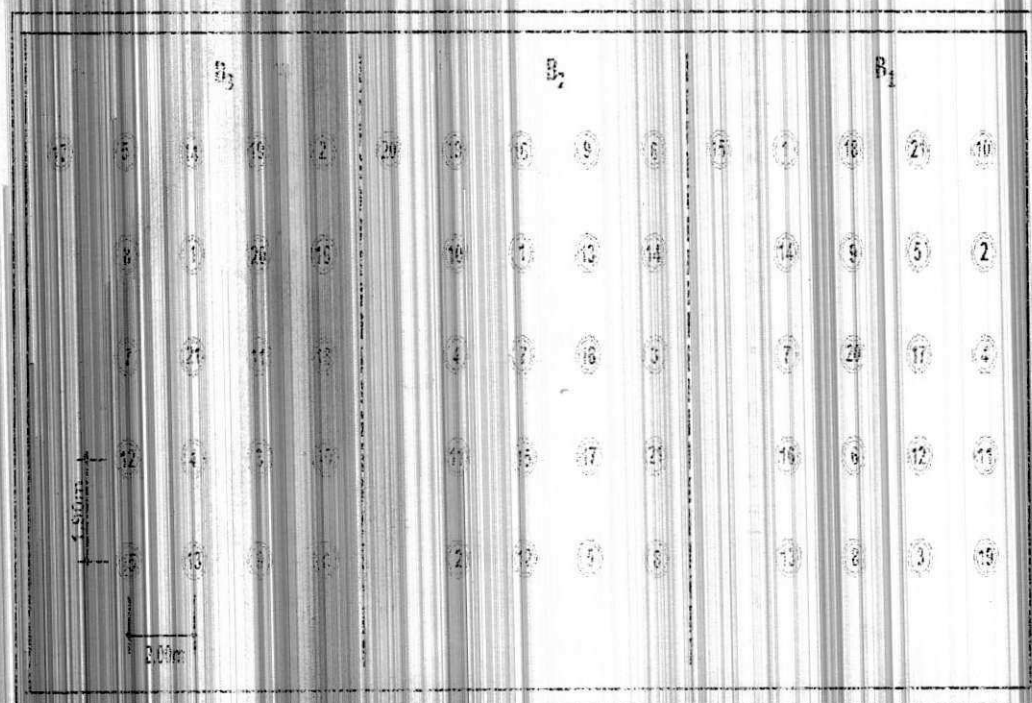


Figura 2. Cronqui do experimento instalado no interior da casa de vegetação.

4.4 - Lisímetros e material do solo

Foram utilizados 63 (sessenta e três) lisímetros de drenagem constituídos de vasos plásticos com capacidade de 200 L ($D = 0,58$ m e $h = 75$ cm). Em cada vaso, que correspondia a uma parcela experimental, foi instalado um sistema de drenagem composto de tela de nylon, 5,0 cm de brita, 5,0 cm de areia, mangueira de saída e dois recipientes coletores de 2 L e perfurados em seu fundo para permitir a drenagem, visando à viabilização do monitoramento do conteúdo de água do solo.

Em cada lisímetro foram colocados cerca de 230 kg de material de solo devidamente peneirado, adubado e corrigido (Figuras 3 e 4).

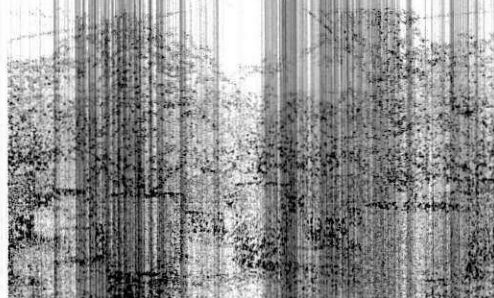


Figura 3. Experimento montado.

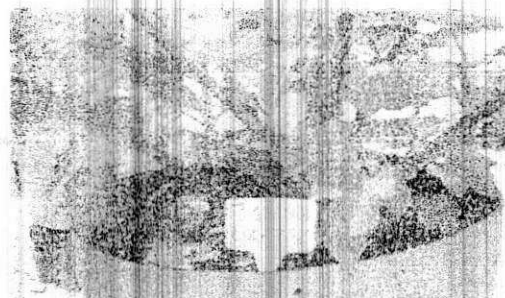


Figura 4. Detalhe da identificação de cada parcela

O material de solo utilizado foi coletado de um Argissolo Acinzentado Eutrófico, textura franco-arenoso, procedente do distrito de São José da Mata. Antes da semeadura e após a colheita das plantas o solo foi analisado, química e fisicamente, e a partir das análises químicas do solo realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) da Universidade Federal de Campina Grande e de acordo com a metodologia de Novais et al, (1991), foram feitas adubações com N e K na cultura, Tabela 2.

Tabela 2: Características químicas do solo antes e após a calagem.

Nutriente	Unidade	Antes da calagem	Depois da calagem
Cálcio (Ca^{++})	$\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$	1,01	2,37
Magnésio (Mg^{++})	$\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$	0,83	3,63
Sódio (Na^+)	$\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$	0,05	0,24
Potássio (K^+)	$\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$	0,18	0,28
Soma de bases	$\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$	2,07	6,52
Hidrogênio (H^+)	$\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$	3,11	0,00
Alumínio (Al^{+++})	$\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$	0,40	0,00
Capacidade de troca iônica (CTC)	$\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$	5,58	6,52
Carbonato de cálcio Qualitativo	-	ausência	presença
Percentagem de sódio trocável (FST)	%	0,91	0,89
Carbono orgânico	%	0,02	0,22
Matéria orgânica	%	0,03	0,38
Nitrogênio	%	0,002	0,02
Fósforo assimilável (P)	mg kg^{-1}	0,59	2,14
pH em água (1:2,5) (pH)	-	5,16	8,00
CE da suspensão solo - água (1:2,5) (CEsa)	dS m^{-1}	0,08	0,09

Análise realizada no Laboratório de Irrigação e Salinidade

As análises físico-hídricas do solo para manejo da irrigação foram realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) da Universidade Federal de Campina Grande (Tabela 3) de acordo com a metodologia proposta apresentada pela (Embrapa, 1997). Para determinação da retenção de umidade no solo, utilizou-se a metodologia de Richards (1954).

Tabela 3: Características físico-hídricas do solo utilizado no experimento.

Características físico-hídricas	Unidade	Valor
Areia	kg ⁻¹	83,72
Silte	kg ⁻¹	11,88
Argila	kg ⁻¹	5,20
Classificação textural	-	Areia
Densidade do solo (ds)	g/cm ³	1,52
Densidade das partículas (dp)	g/cm ³	2,74
Porosidade	%	44,52
Capacidade de Campo (CC)	g/kg ⁻¹	82,6
Ponto de Murcha (PM)	g/kg ⁻¹	20,9
Água disponível (DP)	g/kg ⁻¹	61,7

Análise realizada no laboratório de Irrigação e Salinidade

4.5 - Manejo de Irrigação

Antes de se iniciar as irrigações todos os lisímetros foram colocados em capacidade de campo. Na primeira irrigação foi aplicado em todos os lisímetros/tratamentos um volume de 10 litros, posteriormente, o manejo das irrigações foi realizado através de balanço hídrico, utilizando planilha eletrônica. Durante o período experimental amostras de água residual foram coletadas e analisadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade - LIS, de acordo com a metodologia proposta por Richards (1954) Tabela 4.

Tabela 4: Caracterização química das águas utilizadas nas irrigações, água de abastecimento e residual doméstica tratada.

Determinações	Água Abastecimento	Água Residual Tratada
pH	7,3	8,43
CE (dS m ⁻¹)	0,30	1,40
P-Total (mg L ⁻¹)	Ausente	3,53
K (mg L ⁻¹)	5,43	19,53
N-Total (mg L ⁻¹)	Ausente	29,4
Ca (mg L ⁻¹)	20	83,93
Mg (mg L ⁻¹)	15,5	26,53
Na (mg L ⁻¹)	35,57	129,76
Zn (mg L ⁻¹)	Ausente	0,01
Cd (mg L ⁻¹)	Ausente	0,06
Fe (mg L ⁻¹)	Ausente	0,01
Mn (mg L ⁻¹)	Ausente	0,02

RAS ^a	8,45	14,26
^a Razão de adsorção de sódio: $RAS = \frac{Ca + Mg}{2}$		

As irrigações foram feitas obedecendo-se a um turno de rega de 3 (três) dias, utilizando-se água residuária coletada diretamente de um afluente do riacho de Bodocongó, que margeia a área experimental e tratada por um sistema composto por um recipiente de PVC com capacidade para 1000 L, tampado, motobomba anauger submersa ('bomba sapo') com potência de 370 W, tubulação de recalque com mangueira de polietileno ¾ e reservatório com capacidade de 500 L, no qual posteriormente a água foi armazenada para a irrigação.

4.6 – Variáveis de crescimento

Foi realizada a cada 40 dias e ao longo dos 320 DAT a análise de crescimento não destrutiva, onde foram mensuradas as seguintes variáveis:

4.6.1 - Altura de planta (AP)

Para medição da altura da planta, foram consideradas a altura desde o colo até a extremidade final da planta, com o uso de régua graduada.

4.6.2 - Diâmetro do caule (DC)

A determinação da variável diâmetro caulinar das plantas de pinhão manso, ocorreu nos mesmos períodos da avaliação da variável altura das plantas. As leituras (mm) foram realizadas no colo da planta a uma altura aproximada de 5 (cinco) cm, utilizando-se um paquímetro.

4.6.3 - Área foliar (AF) ou comprimento das folhas (CF)

A área foliar é uma das mais importantes variáveis diretamente relacionadas, em geral, com os processos fisiológicos das plantas. Para isso, foram consideradas folhas completamente abertas com pelo menos 5 (cinco) cm de comprimento (nervura principal) e foi feita por amostragem onde um ramo de cada tratamento foi escolhido e marcado e todas as suas folhas foram aferidas durante todo o experimento. A área foliar

individual foi estimada com base na Equação 1 descrita a seguir, proposta por Vale, et al (2006).

$$AF = 0,89P^2 \quad \text{Eq. 1}$$

Onde:

AF = Área foliar (m^2)

P = comprimento da nervura central da folha (m).

4.7 - Variáveis de produção

4.7.1 - Número de cachos (NC)

Identificou-se cada cacho na planta com um cordão, e ao final da produção foi realizada a contagem do número de cordões de cada planta, obtendo-se assim o número de cachos por planta.

4.7.2 - Número de frutos (NF) e Peso seco dos frutos (PSF)

A colheita dos frutos foi feita diariamente a partir dos 169 DAT devido à heterogeneidade da maturação apresentada pela espécie e quando os frutos estavam totalmente maduros.

Os frutos de cada planta foram coletados, contados e separadas as casca das sementes, posteriormente colocados para secar ao sol. No final da produção obteve-se o número médio de frutos por tratamento.

Após o processo de secagem, foram realizadas pesagens com balança de precisão (0,01g), separadamente casca e semente e obtido o peso médio dos frutos. Finalizado o experimento obteve-se o peso médio dos frutos de toda a produção, Figuras 5 e 6.

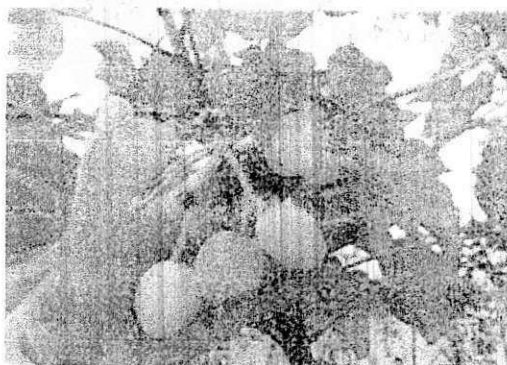


Figura 5. Frutos nos cachos.

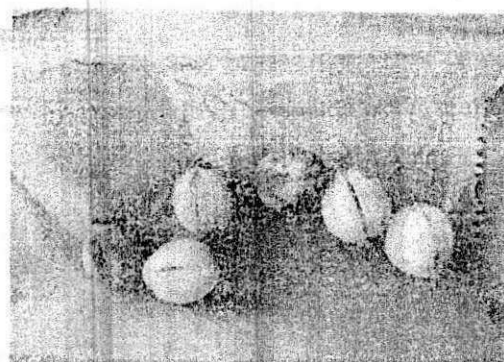


Figura 6. Frutos coletados para secagem.

4.8 - Teor de óleo das sementes (TO)

O conteúdo de óleo das sementes foi determinado no final da coleta da produção, após os dois ciclos do primeiro ano da cultura.

O teor de óleo nas sementes (expresso em %) foi determinado no Laboratório Avançado de Tecnologia Química da EMBRAPA - CNPA, em Campina Grande, mediante o uso da técnica Ressonância Magnética Nuclear (RMN), em espectrofotômetro, marca Oxford 4000. De cada amostra foram feitas três repetições de leitura, obtendo-se a média como valor final da parcela.

4.9 - Variáveis de balanço hídrico

4.9.1 - Consumo de água (CA)

O consumo de água (CA) pelas plantas durante o experimento foi determinado através de balanço hídrico (volume aplicado - volume drenado), aplicando-se a Equação 2.

O consumo total de água (C.T.A.) foi calculado através da diferença do volume aplicado pelo volume drenado no período de 40 - 320 DAI, conforme Doorenbos e Kassam (1994).

$$CTA = EVA - EVD$$

Eq. 2

4.9.2 - Eficiência de Uso da Água (E.U.A.)

A eficiência de uso de água foi determinada através da relação entre o peso das sementes (kg) coletadas ao longo do experimento e o consumo total de água pelas plantas (m³), Equação 3, conforme Doorenbos e Kassam (1994).

$$E.U.A. = \frac{\text{Peso das sementes}}{C.T.A.}$$

Eq. 3

4.10 - Análise de Fertilidade do Solo no Final do Experimento

No final do experimento amostras compostas de solo foram coletadas para realização de análises laboratoriais, visando-se observar os efeitos da aplicação da água residuária nas propriedades do solo. As amostras foram secadas ao ar, destorroadas e peneiradas em peneiras com malha de 2 mm. Posteriormente, analisadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade/UFCCG. No tratamento testemunha também se procedeu análises. Determinaram-se as concentrações de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, sódio, pH, conforme metodologia recomendada pela EMBRAPA (1997).

Para o pH, a análise de variância foi procedida com os valores da concentração de hidrogênio ($[H^+] = 10^{-pH}$) e depois se aplicou a escala de pH nas médias ($pH = -\log [H^+]$) (Santos e Gheyi, 2003).

4.11 - Análise Estatística

Por se tratar de variáveis quantitativas os dados obtidos no experimento, foram submetidos a análises de variância simples, (teste F) e quando significativo, realizado o desdobramento do grau de liberdade por meio de análise de regressão polinomial, usando-se pacote estatístico SAS, conforme Ferreira (2000)

5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 – Variáveis de crescimento

5.1.1 – Altura de planta (AP)

Esta variável foi analisada em vários períodos ao longo de ciclo da cultura do pinhão manso, com intervalos de 40 dias até os 320 DAT (Dias Após Transplântio). Verifica-se na Tabela 5, boa precisão experimental dentro dos tratamentos, como pode ser observado pelo coeficiente de variação (CV) encontrado na tabela citada, que variou entre baixo e médio segundo Beltrão et al. (2008). Analisando ainda a mesma tabela, verifica-se que para o fator lâmina de água, inicialmente não influenciou a variável analisada, entretanto a partir dos 160 DAT até o final do período analisado, a altura da planta foi positivamente influenciada pela lâmina de água. Para o fator dose de Fósforo, houve significância aos 40, 160 e 240 DAT ao nível de 5% e aos 200 DAT, a nível de 1% de probabilidade do teste F.

Para a interação significativa entre os fatores estudados, doses de fósforo e lâminas de irrigação, Tabela 5, verifica-se que não houve diferenças significativas, o que também ocorreu em relação ao contraste Fat x Test.

Tabela 5: Resumo da análise de variância para a altura da planta (cm) do pinhão manso aos 40, 80, 120, 160, 200, 240, 280 e 320 dias após o transplântio submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses crescentes de fósforo. Universidade Federal de Campina Grande, PB, 2011.

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio (Dias após transplântio -DAT)							
		40	80	120	160	200	240	280	320
Fósforo (P)	4	0,010*	0,009 ^{ns}	0,027 ^{ns}	0,044*	0,041**	0,024*	0,008 ^{ns}	0,005 ^{ns}
Lâmina (L)	3	0,003 ^{ns}	0,014 ^{ns}	0,055*	0,075**	0,101**	0,108**	0,145**	0,098**
Bloco	2	0,005 ^{ns}	0,009 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,011 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,028 ^{ns}	0,035**	0,001 ^{ns}
P x L	12	0,007 ^{ns}	0,005 ^{ns}	0,011 ^{ns}	0,011 ^{ns}	0,008 ^{ns}	0,010 ^{ns}	0,016 ^{ns}	0,020 ^{ns}
Fat x Test	1	0,001 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,006 ^{ns}	0,031 ^{ns}	0,033 ^{ns}	0,027 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,021 ^{ns}
Tratamentos	26	0,006 ^{ns}	0,007 ^{ns}	0,020 ^{ns}	0,028*	0,030**	0,028**	0,033**	0,029**
Resíduo	42	0,005	0,012	0,013	0,014	0,01	0,008	0,008	0,01
Total	62								
C.V. (%)		17,65	11,54	8,35	8,08	6,32	5,64	5,35	5,74

^{ns} não significativo; * e ** significativo a 5 e 1%, respectivamente pelo teste

De acordo com Guimarães (2008) as plantas de pinhão manso que foram beneficiadas pela adubação mineral, proporcionaram um incremento na altura de 96,14% quando comparadas com a testemunha sem o uso de fertilizantes. Com relação à interação entre os dois fatores estudados, tipos de água (qualitativa) e doses de fósforo (quantitativa), observou-se que não houve significância estatisticamente a nível de 5 ou 1% de probabilidade, ou seja, um fator não influenciou no outro. A ausência no efeito das doses de fósforo pode ser justificada em parte pela rusticidade do pinhão manso que ainda nem quer ser domesticado, como foi evidenciado por Beltrão et al. (2007).

Para o fator doses de fósforo no estudo da regressão foi observado uma resposta linear com que efeito significativo em quase todas as épocas de avaliação, sendo que a 40, 120, 160, 240 DAT a nível de 5% e 200 DAT a nível de 1 % de probabilidade estatisticamente, como podemos observar na Tabela 6. Com relação ao fator lâmina de irrigação podemos observar resposta linear a partir dos 120 DAT, a nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

Segundo Ferreira (2011) esse fato ocorre em vistas das águas residuárias apresentarem outros nutrientes, em especial, os micros em maiores quantidades e não encontrados na adubação com micronutrientes e na água de abastecimento, tendo o pinhão manso um crescimento a mais em tais períodos testados, em termos de altura das plantas.

Tabela 6: Resumo da análise de regressão para a variável altura da planta do pinhão manso aos 40; 80; 120; 160; 200; 240; 280 e 320 dias após o transplante submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses crescentes de fósforo. Universidade Federal de Campina Grande, PB. 2011.

Fonte de Variação	Quadrado médio (Dias após transplante -DAT)							
	40	80	120	160	200	240	280	320
Fósforo (mg/kg)								
Reg. Linear	0,022*	0,004 ^{ns}	0,061*	0,103*	0,096**	0,038*	0,006 ^{ns}	0,004 ^{ns}
Reg. Quadrática	0,017 ^{ns}	0,021 ^{ns}	0,033 ^{ns}	0,047 ^{ns}	0,066*	0,051*	0,023 ^{ns}	0,003 ^{ns}
Reg. Cúbica	0,0004 ^{ns}	0,008 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,022 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,007 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,011 ^{ns}
Reg. 4º grau	0,001 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,011 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,0005 ^{ns}	0,0004 ^{ns}	0,002 ^{ns}
Lâminas de irrigação								
Reg. Linear	0,00005 ^{ns}	0,030 ^{ns}	0,156**	0,224**	0,254**	0,23**	0,336**	0,192**
Reg. Quadrática	0,002 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,007 ^{ns}	0,00004 ^{ns}	0,010 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,009 ^{ns}	0,0003 ^{ns}
Reg. Cúbica	0,007 ^{ns}	0,011 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,0006 ^{ns}	0,040 ^{ns}	0,06**	0,091**	0,1034**

^{ns} não significativo; * e ** significativo a 5 e 1%, respectivamente pelo teste F.

Na Tabela 7, verifica-se que a partir dos 160 DAT, o aumento das doses de fósforo (P) proporcionou um crescimento maior em altura. Entretanto, podemos observar na mesma, que em relação ao fator lâminas de irrigação, verifica-se que a água teve importância no incremento da altura da planta a partir dos 120 DAT nas lâminas de 50 e 75% e aos 160 DAT na lâmina de 100%.

Aumentos verificados na variável de crescimento altura de planta do pinhão manso com a aplicação de água residuária, são devido à presença de matéria orgânica, macro e micronutrientes em formas químicas mais disponíveis às plantas neste resíduo que, segundo Rajj (1991), são essenciais para o estabelecimento e desenvolvimento das culturas.

Tabela 7: Valores médios da altura da planta (cm) nas diferentes fases vegetativas do pinhão manso em função da aplicação de diferentes lâminas de irrigação e doses crescentes de fósforo. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB. 2011.

Fonte de Variação	Valores médios (cm)							
	Dias após o plantio-DAP							
	40	80	120	160	200	240	280	320
Fósforo (Kg ha⁻¹)								
0	0,37b	0,94a	1,32a	1,41b	1,53b	1,61b	1,72a	1,83a
100	0,41ab	0,99a	1,38a	1,52ab	1,61ab	1,66ab	1,75a	1,82a
200	0,43ab	1,00a	1,44a	1,56a	1,67a	1,70ab	1,78a	1,82a
300	0,45a	0,94a	1,41a	1,52ab	1,66a	1,73a	1,79a	1,85a
400	0,42ab	0,94a	1,42a	1,55a	1,64ab	1,67ab	1,74a	1,79a
Lâminas de irrigação								
50%	0,42a	0,94a	1,32b	1,43b	1,53b	1,58b	1,66b	1,77b
75%	0,39a	0,93a	1,37ab	1,48ab	1,57b	1,62b	1,68b	1,74b
100%	0,42a	0,98a	1,44a	1,54ab	1,70a	1,77a	1,86a	1,90a
125%	0,42a	0,99a	1,43a	1,59a	1,68a	1,72a	1,83a	1,83a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na Figura 7, observamos que a relação entre altura da planta e as doses de fósforo, foi linear aos 40 e 160 DAT, já aos 200 DAT quanto aos 240 DAT foi quadrática, onde observa-se que segundo o modelo de regressão adotado a altura máxima foi de 1,55m correspondente a uma dose de 350 mg/kg aos 200 DAT e altura máxima de 1,68m a uma dose de 300mg/kg aos 240 DAT e com coeficiente de determinação (R^2), respectivamente de 0,98 e 0,90, o que evidencia a forte ligação entre os fatores doses de fósforo e a variável altura da planta. A partir desta dose, de acordo com o modelo de regressão ajustado, o aumento da dose de fósforo causa redução na altura de plantas de pinhão manso. Na relação altura de planta e lâminas de irrigação (Figura 8), foi linear em quase todas as épocas estudadas, evidenciando também a forte ligação entre lâminas de irrigação e altura da planta.

Segundo Freire (2011), em estudos através dos quais foram avaliados os efeitos da aplicação de efluentes de esgoto no crescimento do pinhão manso em seu primeiro ciclo, foram encontrados resultados semelhantes ao dessa pesquisa. Khan et al. (2009)

avaliaram os efeitos da aplicação de efluente de esgoto tratado em lagoas de estabilização na cultura do girassol e observaram, durante a fase vegetativa da cultura irrigada com água residuária que tal aplicação proporcionou, às plantas, altura semelhante à obtida pela adubação mineral da base.

Outros estudos confirmam o efeito positivo da adição de fósforo sobre o crescimento de mudas de pinhão manso (Carvalho, 2008). A dose que promove o maior crescimento das plantas, no entanto, varia numa faixa muito ampla, haja vista este valor depender tanto de características específicas da espécie quanto do substrato utilizado, cujos atributos químicos e físicos podem influenciar o comportamento do fósforo e sua absorção pelas raízes das plantas.

Corroborando com os achados deste estudo e analisando o efeito da aplicação de fósforo na cultura do pinhão-manso. Moura Neto et al. (2007) verificaram que as doses de P aplicadas ao solo proporcionaram aumentos, de forma quadrática, na altura das plantas, no diâmetro do caule, no número de folhas, no peso das raízes, no peso do caule e das folhas. Os autores concluíram que o P é de extrema importância para o desenvolvimento inicial das plantas de pinhão-manso.

Com base nesses resultados, fica mais evidente que em termos da variável crescimento, altura da planta, a adubação com fósforo foi eficiente e o pinhão manso praticamente respondeu positivamente.

Ferreira (2011) evidencia que com relação à adubação com nitrogênio, que a cultura do pinhão manso não respondeu positivamente ao estudo.

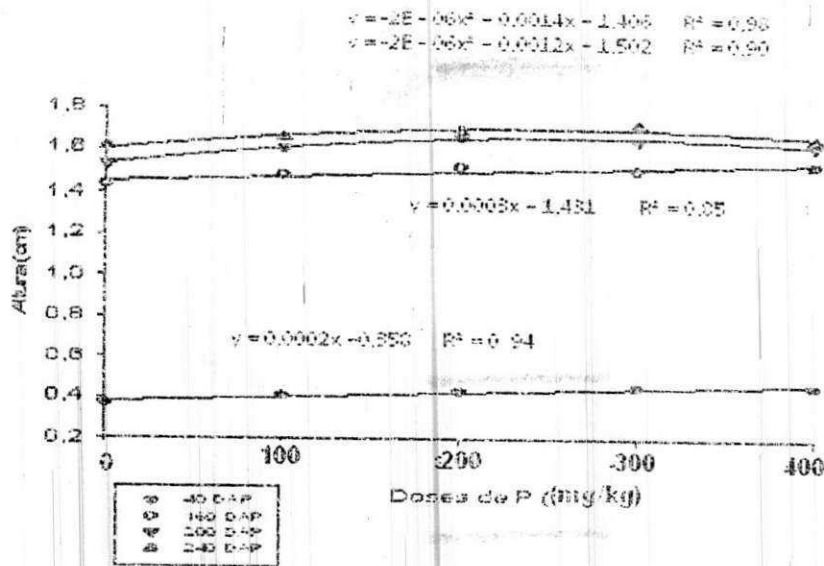


Figura 7. Altura da planta nas diferentes fases de desenvolvimento do pinhão manso em função das doses crescentes de fósforo aplicado.

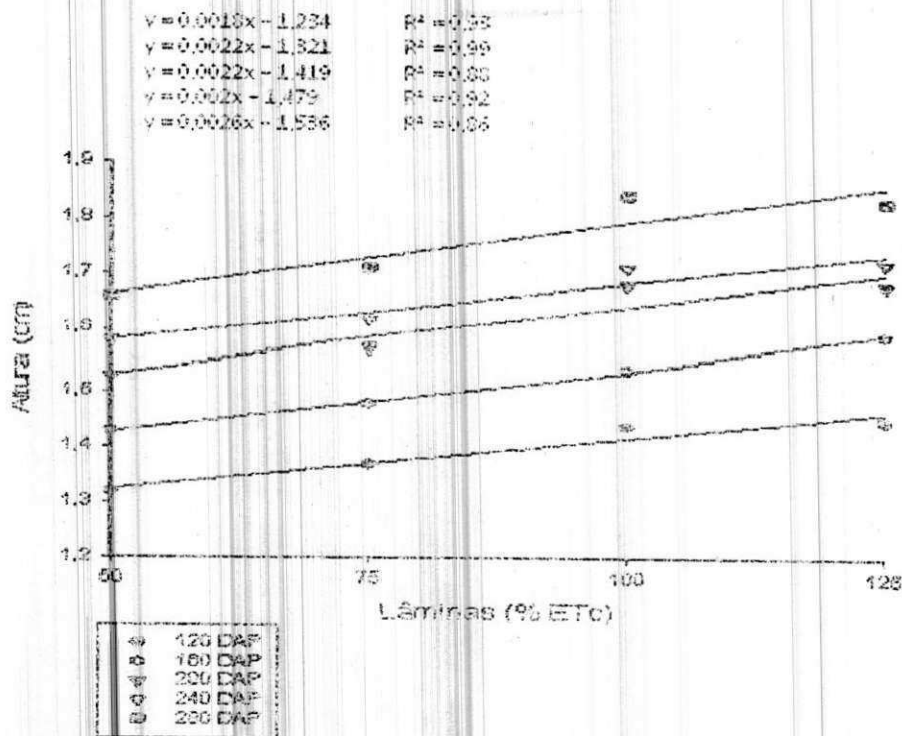


Figura 8. Altura da planta nas diferentes fases de desenvolvimento do pinhão manso em função das lâminas de irrigação aplicadas.

5.1.2 – Diâmetro caulinar (DC)

Com relação à variável diâmetro caulinar observa-se que há semelhanças com a que ocorreu a variável altura das plantas (item 5.1.1). Verificam-se na Tabela 8, a boa precisão e a uniformidade dentro dos tratamentos, o que se comprova com os coeficientes de variação (CV) que foram considerados baixos. Analisando esta tabela, nota-se que para o fator lâmina de água houve efeito significativo a partir dos 120 DAT a nível de 1% de probabilidade para o teste F. Em relação ao fator dose de Fósforo podemos observar que praticamente não houve significância nos períodos avaliados com exceção aos 120 DAT onde houve significância estatisticamente ao nível de 1% de probabilidade. Evidenciando ainda mais que o fator água foi determinante para nutrição das plantas de pinhão manso.

Visualiza-se na Tabela 8, que para interação entre os fatores estudados, doses de fósforo (quantitativo) e lâmina de irrigação (qualitativo) não ocorre diferença significativa.

Tabela 8: Resumo da análise de variância para a variável diâmetro caulinar (cm) do pinhão manso aos 40; 80; 120; 160; 200; 240; 280 e 320 dias após o transplântio submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses crescentes de fósforo. Universidade Federal de Campina Grande, PB. 2011.

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio (Dias após transplântio -DAT)							
		40	80	120	160	200	240	280	320
Fósforo (P)	4	7,189 ^{ns}	7,737 ^{ns}	32,476**	17,228 ^{ns}	18,232 ^{ns}	24,931 ^{ns}	48,153 ^{ns}	21,148 ^{ns}
Lâmina (L)	3	3,140 ^{ns}	1,242 ^{ns}	49,428**	154,15**	244,699**	326,150**	311,195**	444,247**
Bloco	2	0,017 ^{ns}	5,43 ^{ns}	14,68 ^{ns}	33,12 ^{ns}	60,71*	57,44**	31,37 ^{ns}	64,72**
P x L	12	10,758 ^{ns}	8,856 ^{ns}	14,493 ^{ns}	15,269 ^{ns}	21,202 ^{ns}	21,908 ^{ns}	29,231 ^{ns}	27,953 ^{ns}
Fat x Test	1	5,489 ^{ns}	4,275 ^{ns}	4,060 ^{ns}	4,275 ^{ns}	2,952 ^{ns}	0,218 ^{ns}	4,768 ^{ns}	8,450 ^{ns}
Tratamentos	20	8,638 ^{ns}	7,261 ^{ns}	22,809**	35,942**	53,220**	67,064**	74,087*	88,061**
Resíduo	42	5,804	10,286	8,116	16,119	19,096	24,457	33,133	26,046
Total	62								
C.V. (%)		11,93	8,48	5,18	6,51	6,85	7,54	8,37	7,07

^{ns} não significativo; * e ** significativo a 5 e 1%, respectivamente pelo teste F

Os resultados encontrados neste trabalho confirmam os achados de Silva et al. (2011) que avaliando a influência de níveis de água disponível no solo no crescimento

do diâmetro caulinar de plantas de pinhão manso, verificaram que, quando ocorreu aumento no suprimento hídrico com água residuária resultou em incrementos lineares para o diâmetro do caule.

Albuquerque et al. (2009) constataram, analisando também a cultura do pinhão manso aumento de diâmetro do caule (DC) em função das doses de nitrogênio, evidenciando assim a importância da aplicação de fontes de nutrientes essenciais para o desenvolvimento do pinhão manso. Foltran citado por Lyra (1997) e Menezes et al. (2002) constataram também o aumento gradativo do diâmetro do caule com a elevação da quantidade de matéria orgânica.

Na Tabela 9, verifica-se que durante todos os períodos avaliados para esta variável em relação às doses de fósforo, na análise de regressão, houve apenas significância para o teste F, a nível de 1% de probabilidade para o efeito linear aos 120 DAT. Em relação as lâminas, houve significância em quase todos os períodos avaliados a nível de 1% para todos os três modelos (linear, quadrático e cúbico). O que confirma a importância do tipo de água como fonte de adubação, já que a água residuária apresenta em suas características nutrientes importantes para a cultura do pinhão manso.

Tabela 9: Resumo da análise de regressão para a variável diâmetro caulinar do pinhão manso aos 40; 80; 120; 160; 200; 240; 280 e 320 dias após o transplantio submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses crescentes de fósforo. Universidade Federal de Campina Grande, PB. 2011.

Fonte de Variação	Quadrado médio (Dias após transplantio - DAT)							
	40	80	120	160	200	240	280	320
Fósforo (mg/kg)								
Reg. Linear	2,465 ^{ns}	18,802 ^{ns}	96,880**	22,916 ^{ns}	35,305 ^{ns}	42,924 ^{ns}	77,072 ^{ns}	44,554 ^{ns}
Reg. Quadrática	10,370 ^{ns}	6,193 ^{ns}	6,291 ^{ns}	3,696 ^{ns}	5,672 ^{ns}	3,162 ^{ns}	2,587 ^{ns}	14,702 ^{ns}
Reg. Cúbica	13,635 ^{ns}	8,533 ^{ns}	0,473 ^{ns}	0,186 ^{ns}	1,013 ^{ns}	2,363 ^{ns}	73,774 ^{ns}	22,709 ^{ns}
Reg. 4º grau	2,286 ^{ns}	3,420 ^{ns}	32,261 ^{ns}	42,116 ^{ns}	30,938 ^{ns}	51,277 ^{ns}	39,178 ^{ns}	1,626 ^{ns}
Lâminas de irrigação								
Reg. Linear	0,135 ^{ns}	2,430 ^{ns}	83,751**	298,92**	460,01**	697,77**	784,18**	1136,34**
Reg. Quadrática	9,040 ^{ns}	0,216 ^{ns}	31,581 ^{ns}	67,24*	95,18*	98,79 ^{ns}	57,56 ^{ns}	57,52 ^{ns}
Reg. Cúbica	0,245 ^{ns}	1,08 ^{ns}	32,295 ^{ns}	93,31*	178,90**	181,88**	91,84 ^{ns}	138,86*

^{ns} não significativo; * e ** significativo a 5 e 1%, respectivamente pelo teste F

Entretanto, podemos observar na Tabela 10 que em relação ao fator lâminas de irrigação, verifica-se que a água teve importância no incremento do diâmetro caulinar da planta a partir dos 120 DAT nas lâminas de 50 e 75%, não afetando de modo significativo nas lâminas de 100 e 125%.

Nas plantas que receberam 100% de suas necessidades hídricas, irrigadas com água residuária, comparadas às plantas do tratamento testemunha, verificaram-se tendências não significativas entre os tratamentos, considerando que, em ambas as condições, foi repostado todo o consumo hídrico pela planta, mudando apenas o tipo de água de irrigação (Tabela 10).

Tabela 10: Valores médios do diâmetro caulinar (cm) nas diferentes fases vegetativas do pinhão manso em função da aplicação de diferentes lâminas de irrigação e doses crescentes de fósforo. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB. 2011.

Fonte de Variação	Valores médios (cm)							
	Dias após o plantio-DAP							
	40	80	120	160	200	240	280	320
Fósforo (Kg ha ⁻¹)								
0	19,76a	38,40a	57,28a	62,29a	64,53a	66,56a	69,55a	72,31 ^a
100	19,89a	38,38a	54,66ab	61,30a	63,85a	65,56a	70,39a	73,70 ^a
200	20,44a	38,05a	55,68ab	63,17a	65,23a	67,29a	70,31a	72,94 ^a
300	21,53a	36,52a	53,17b	60,27a	62,40a	63,81a	65,65a	70,71 ^a
400	19,66a	37,35a	53,67b	60,62a	62,54a	64,45a	67,91a	70,76 ^a
Lâminas de irrigação								
50%	20,74a	37,47a	52,91b	58,04c	59,51b	60,46b	63,49b	65,95b
75%	19,80a	37,53a	54,09b	59,89bc	61,41b	62,96b	66,47b	69,08b
100%	19,93a	38,07a	57,14a	65,29a	68,52a	70,68a	73,02a	77,05 ^a
125%	20,55a	37,89a	55,42ab	62,90ab	65,39a	68,05a	72,08a	76,26 ^a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Na Figura 9, pode-se verificar que a relação entre doses de fósforo e o diâmetro caulinar decresceu à medida em que se aumentavam as doses de fósforo. Este resultado se aproxima dos dados de Silva et al. (2009) que encontraram decréscimo significativo

ao nível de 1% da probabilidade no diâmetro caulinar das plantas de pinhão manso, submetidos a estresse salino durante o período de 144 a 312 dias após transplantio.

Na Figura 10, observa-se que houve efeito linear para os períodos de 120, 240, 280 e 320 DAT das doses de fósforo sobre a variável diâmetro de caule, enquanto que para os períodos de 160 e 200 DAT, apresentou comportamento quadrático, em que, segundo o modelo de regressão o maior diâmetro obtido foi de 61,9 mm para uma lâmina aproximada de 110% de água residuária e um diâmetro de 66,7 mm para a lâmina de 100% e coeficiente de determinação (R^2) de 0,94. Para os períodos de 160 e 200 DAT, respectivamente e apresentando coeficientes de determinação (R^2) entre 0,95 e 0,82, respectivamente e de acordo com o modelo de regressão ajustado, o aumento da lâmina de água causou redução no diâmetro caulinar das plantas de pinhão manso.

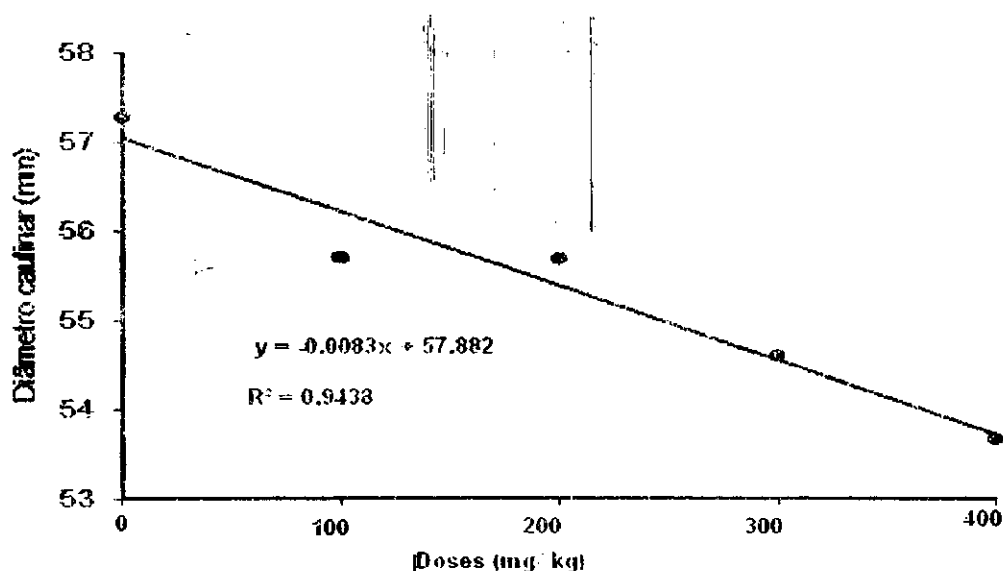


Figura 9. Diâmetro do caule (mm) nas diferentes fases de desenvolvimento do pinhão manso em função das doses crescentes de fósforo aplicado.

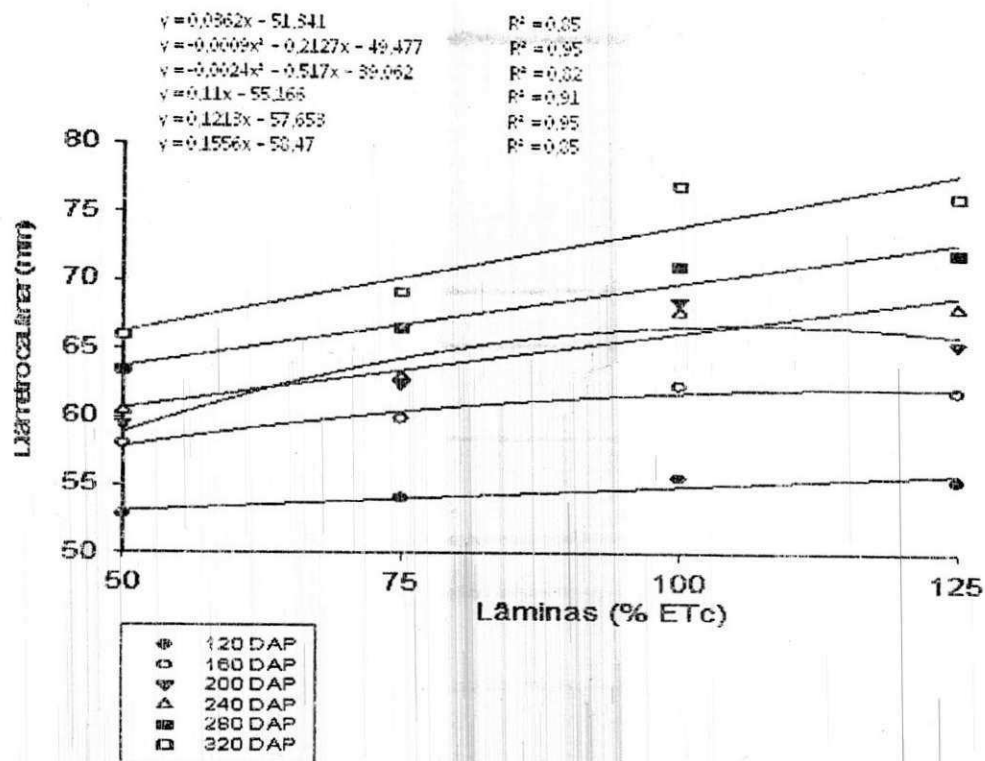


Figura 10. Diâmetro do caule (mm) nas diferentes fases de desenvolvimento do pinhão manso em função das lâminas de irrigação aplicadas.

5.1.3 – Área Foliar (AF)

De acordo com Silva (2009), as folhas assumem elevada importância nos processos morfofisiológicos da planta, pois é através delas que as plantas interceptam energia solar e potencializam sua produção.

Na Tabela 11, observa-se que os resultados com relação às doses de fósforo só foram significativas aos 240 e 280 DAT, respectivamente a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F.

Para o fator lâmina, a influência só foi significativa aos 120, 160 e 200 DAT a nível de 1% de probabilidade. Isso mostra que inicialmente, a área foliar por planta não sofreu influência nenhuma da adubação aplicada no início do seu ciclo.

Para a interação entre doses de fósforo e lâminas de irrigação (Tabela 11) não houve efeito significativo em nenhuma época estudada, o que significa que um fator não influenciou o outro, ou seja, o padrão de resposta da área foliar a aplicação de doses de fósforo não varia com relação à lâmina de água aplicada.

Tabela 11: Resumo da análise de variância para a variável área foliar (cm²) do pinhão manso aos 40; 80; 120; 160; 200; 240; 280 e 320 dias após o transplântio submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses crescentes de fósforo. Universidade Federal de Campina Grande, PB. 2011.

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio (Dias após Transplântio -DAT)							
		40	80	120	160	200	240	280	320
Fósforo (P)	4	1792006 ^{ns}	1933660 ^{ns}	107799026 ^{ns}	62183188 ^{ns}	33167271 ^{ns}	222663295 ^{**}	139913760*	10872122 ^{ns}
Lâmina (L)	3	492178 ^{ns}	793594 ^{ns}	349413519 ^{**}	350485359*	666610674 ^{**}	51297806 ^{ns}	28485138 ^{ns}	59360921 ^{ns}
P x L	12	2366288 ^{ns}	673486 ^{ns}	33855195 ^{ns}	31242157 ^{ns}	41273675 ^{ns}	71615117 ^{ns}	41172561 ^{ns}	60368346 ^{ns}
Fat x Test	1	76405 ^{ns}	2270 ^{ns}	34121868 ^{ns}	3296743 ^{ns}	3248220 ^{ns}	79910846 ^{ns}	521872985 ^{**}	492201025*
Tratamentos	20	1855821 ^{ns}	909977 ^{ns}	95991043*	83919573*	131551672 ^{**}	53212996 ^{ns}	83052709*	71909622 ^{ns}
Resíduo	42	1790785	775178	41949582	37163629	38256199	99191943	40942016	89244333
Total	62								
C.V. (%)		44,9	30,94	26,26	26,56	25,66	32,35	18,68	35,31

^{ns} não significativo; * e ** significativo a 5 e 1%, respectivamente.

Na Tabela 12, nota-se que para o fator dose de fósforo no estudo da regressão, praticamente não houve efeito significativo nas épocas estudadas, aos 160 e 280 DAT a nível de 5% de probabilidade para o teste F e com efeito linear. No fator lâmina de irrigação, ocorreu significância estatística em todas as épocas estudadas com exceção dos 160, 200, 320 DAT onde houve efeito significativo a nível de 1% de probabilidade e com comportamento linear para o fator lâmina.

Rodrigues et al. (2009) verificaram efeito significativo para área foliar em plantas de mamoneira causando grandes reduções na área foliar até 100 dias após semeadura, corroborando com os resultados desta pesquisa.

Para Albuquerque et al. (2009) que trabalharam com diferentes doses de nitrogênio e níveis de água disponível no solo, independente das diferentes doses de nitrogênio, o crescimento da altura da planta, diâmetro caulinar e a área foliar por planta, aumentaram com o tempo numa taxa relativamente constante, para o período analisado (150 DAS – dias após semeadura).

Sofiati et al. (2011) mostram que doses de fósforo muito elevadas, provocam redução no crescimento da planta, principalmente da área foliar e das raízes.

Na Figura 11, observa-se que a relação entre doses de fósforo e área foliar por planta, o modelo matemático que melhor se ajustou foi o quadrático aos 240 DAT, coeficiente de determinação de 0,71 (Tabela 11) e conforme a equação do segundo grau o maior valor de área foliar encontrado foi de 23430 cm² para uma dose aproximada de 250 mg/kg e aos 280 DAT o modelo que melhor se ajustou foi o linear. Na relação lâmina de irrigação e área foliar por planta (Figura 12), o modelo matemático que melhor se ajustou foi o quadrático aos 160 e 200 DAT, apresentando maior área foliar de 26506 cm² para a lâmina de 100% e 29542 cm² também na lâmina de 100% respectivamente, e o modelo linear para os 120DAT e coeficientes de determinação 0,94 e 0,93.

Tabela 12: Resumo da análise de regressão para a variável área foliar do pinhão manso aos 40; 80; 120; 160; 200; 240; 280 e 320 dias após o transplântio submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses crescentes de fósforo. Universidade Federal de Campina Grande, PB. 2011.

Fonte de Variação	Quadrado médio (Dias após transplântio -DAT)							
	40	80	120	160	200	240	280	320
Fósforo (mg/kg)								
Reg. Linear	208,76 ^{ns}	22,61 ^{ns}	1149,62 ^{ns}	1650,98*	288,46 ^{ns}	72292,20 ^{ns}	3361,30*	3387,45 ^{ns}
Reg. Quadrática	190,04 ^{ns}	139,83 ^{ns}	147,48*	1010,40 ^{ns}	665,40 ^{ns}	40225,51 ^{ns}	476,84 ^{ns}	467,88 ^{ns}
Reg. Cúbica	66,66 ^{ns}	21,74 ^{ns}	9,98 ^{ns}	48,24 ^{ns}	0,70 ^{ns}	190455,79 ^{ns}	33,29 ^{ns}	35,98 ^{ns}
Reg. 4º grau	40,21 ^{ns}	27,79 ^{ns}	3114,68 ^{ns}	11,47 ^{ns}	222,92 ^{ns}	95565,81 ^{ns}	25,47 ^{ns}	224,09 ^{ns}
Lâminas de irrigação								
Reg. Linear	5,93 ^{ns}	36,24 ^{ns}	19566,06 ^{ns}	9425,55**	18470,05**	26310,31 ^{ns}	473,84 ^{ns}	192,77**
Reg. Quadrática	38,43 ^{ns}	425,89 ^{ns}	18,67*	1020,44 ^{ns}	1898,92 ^{ns}	88918,87 ^{ns}	37,02 ^{ns}	37,05 ^{ns}
Reg. Cúbica	71,85 ^{ns}	170,76 ^{ns}	9,24 ^{ns}	1096,17 ^{ns}	892,36 ^{ns}	144864,22 ^{ns}	6 ^{ns}	1034,76 ^{ns}

^{ns} não significativo; * e ** significativo a 5 e 1%, respectivamente pelo teste F.

Na Tabela 13, onde se encontra a média de cada fator (doses de fósforo e lâmina de irrigação) verificou-se que houve efeito significativo em todas as épocas avaliadas e à medida que aumentava as doses de fósforo. O mesmo pode observar para as lâminas de irrigação, um efeito significativo à medida que aumenta as lâminas. Nesta mesma tabela podemos observar que se obteve a maior área foliar para planta na dose de 400 kg/ha, com valor de 37299,34m² aos 280 DAT.

Tabela 13: Valores médios da área foliar (cm²) nas diferentes fases vegetativas do pinhão manso em função da aplicação de diferentes lâminas de irrigação e doses crescentes de fósforo. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB. 2011.

Fonte de Variação	Valores médios (cm ²)							
	Dias Após o Plantio-DAP							
	40	80	120	160	200	240	280	320
Fósforo (Kg ha⁻¹)								
0	2471,99a	2952,52ab	24024,97a	19236,78a	21925,13a	17903,69b	29877,87b	27138,37a
100	2931,44a	2989,35ab	21154,35a	22536,39a	23360,19a	20207,65ab	3327,00ab	27265,13a
200	3040,72a	3339,38a	28166,01a	24717,33a	26399,30a	23099,04ab	33271,00ab	28875,90a
300	3556,08a	3545,63b	23147,71a	24636,44a	24754,16a	29363,10a	38442a	27350,89a
400	2939,31a	2671,99ab	27625,64a	23850,82a	23826,71a	23402,84ab	37299,34ab	26233,63a
Lâminas de irrigação								
50% ETc	3001,30a	2537,52a	19285,48c	17410,36c	15916,21b	20527,83a	33073,37a	28783,44a
75% ETc	2929,06a	2843,35a	22675,79bc	20619,93bc	21330,49b	22059,64a	34693,44a	28743,53a
100% ETc	3227,16a	3092,19a	27076,58ab	27862,46a	30089,61a	24481,17a	35515,35a	24544,17a
125% ETc	2794,12a	2900,56a	30257,01a	26089,46ab	28876,08a	24112,42a	36292,58a	27419,99a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

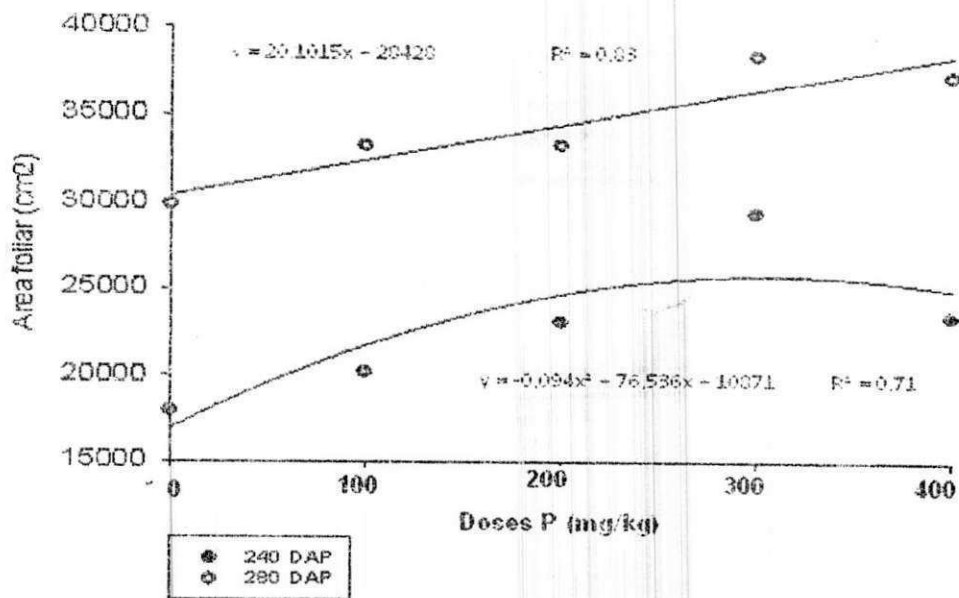


Figura 11. Área foliar (cm²) nas diferentes fases de desenvolvimento do pinhão manso em função das doses crescentes de fósforo aplicado

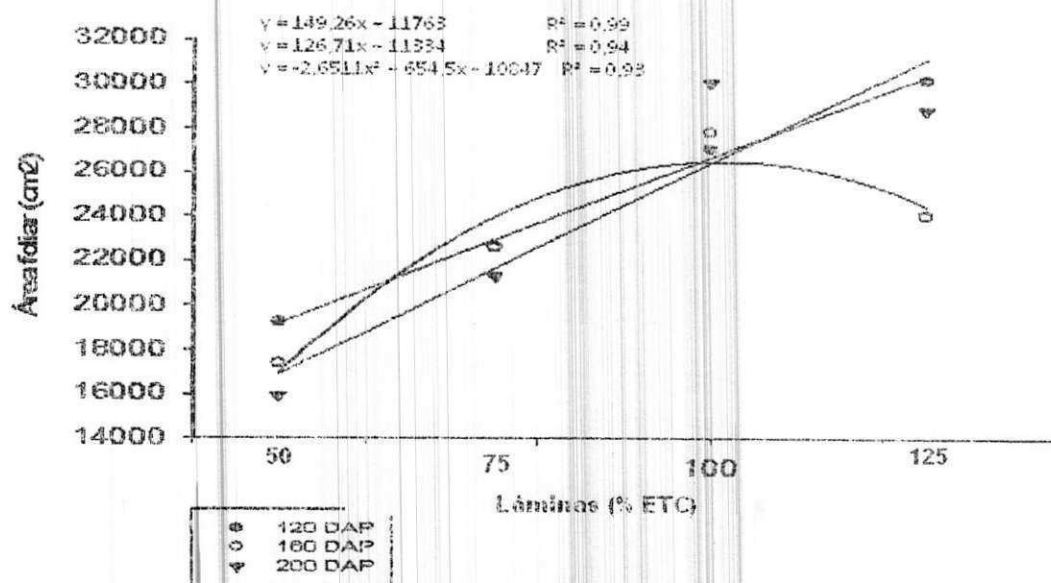


Figura 12. Área foliar (cm²) nas diferentes fases de desenvolvimento do pinhão manso em função das lâminas de irrigação aplicadas

5.2 - Variáveis de produção

5.2.1 – Número de cachos por planta (NCP)

Na Tabela 14, se encontram os resumos das análises de variância dos dados das variáveis de produção do pinhão manso no seu primeiro ciclo. O número de cachos produzidos por planta é uma das variáveis mais importantes, em virtude estar diretamente relacionada à produção, que depende de vários fatores, dentre eles o clima da região, sistema de produção, tratos culturais bem como, da fertilidade do solo.

Tabela 14: Resumo da análise de variância para as variáveis, peso seco dos frutos (PSF), peso da semente (PS), número de cachos por planta (NCP), número de frutos por planta (NFP) e teor de óleo (TO) das sementes do pinhão manso submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses crescentes de fósforo.

Fonte de Variação	Quadrado médio					
	GL	NCP	OS	PSF	NFP	TO
Fósforo (P)	4	356,30*	265,91 ^{ns}	1324,07 ^{ns}	2881,20 ^{ns}	151,64**
Lâmina (L)	3	1111,60**	16821,53**	42155,58**	21868,99**	105,5488**
P x L	12	88,58 ^{ns}	825,84 ^{ns}	1945,17 ^{ns}	2290,34 ^{ns}	39,58 ^{ns}
Fat x Test	1	453,60 ^{ns}	2038,91 ^{ns}	6162,58 ^{ns}	9419,06*	270,80**
Tratamentos	20	313,83**	3173,86**	8063,28**	5701,74**	83,45**
Blocos	2	1042,71**	37417,42**	84324,29**	18324,87**	459,96**
Resíduo	42	111,49	1158,99	6393,31	2054,72	18,41
Total	62					
C, V, (%)		36,41	43,33	40,67	38,84	36,00

^{ns} não significativo; * e ** significativo a 5 e 1%, respectivamente pelo teste

Na análise da tabela 15 observa-se que tanto para o fator quantitativo como para o qualitativo houve efeito significativo para a variável número de cachos por planta, a 1% e 5% de probabilidade respectivamente pelo teste F. Não apresentando, porém, significância para a interação entre os dois fatores mencionados.

Verifica-se que as variáveis NCP e TO apresentam efeitos lineares em relação ao fator fósforo. Já em se considerando a lâmina de água constata-se que todas as variáveis de produção estudadas se ajustaram tanto no modelo linear quanto ao modelo quadrático de regressão. Frasson et al.(2009), aferiram, estudando pinhão manso, aferiu que as menores emissões de frutos e cachos por hectare ocorreram nos tratamentos sem

calagem e/ou adubação e a maior emissão ocorreu no tratamento que combinou adubação orgânica e mineral.

Tabela 15: Resumo da análise de regressão para as variáveis peso seco dos frutos (PSF), peso da semente (PS), número de cachos por planta (NCP), número de frutos por planta (NFP) e teor de óleo (TO) das sementes do pinhão manso submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses crescentes de fósforo. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB. 2011.

Fontes de variação	Quadrado médio				
	PSF	PS	NCP	NFP	TO
Fósforo (Kg ha ⁻¹)					
Ef. Linear	1964,49 ^{ns}	190,00 ^{ns}	1241,63 ^{***}	7269,63 ^{ns}	361,46 ^{**}
Ef. Quadrática	931,96 ^{ns}	134,64 ^{ns}	176,09 ^{ns}	3017,52 ^{ns}	236,45 [*]
Ef. Cúbico	135,34 ^{ns}	85,00 ^{ns}	0,075 [*]	974,70 ^{ns}	6,003 ^{ns}
Ef. 4º grau	2264,51 ^{ns}	653,98 ^{ns}	1,429 ^{ns}	262,97 ^{ns}	2,658 ^{ns}
Lâminas de irrigação					
Ef. Linear	50975,71 ^{***}	19448,15 [*]	2318,52 ^{***}	46550,56 ^{***}	206,47 [*]
Ef. Quadrática	62867,07 ^{***}	23841,06 ^{***}	1008,60 ^{***}	18832,81 ^{***}	0,051 ^{ns}
Ef. Cúbico	12523,96 ^{ns}	7115,39 ^{ns}	7,680 ^{ns}	223,60 ^{ns}	110,09 ^{ns}

^{ns} não significativo; * e ** significativo a 5 e 1%, respectivamente pelo teste F.

Pelos dados na Tabela 16 podemos observar que houve efeito significativo para a variável número de cachos, onde a melhor resposta pra a dose de fósforo foi encontrada quando adubado a 400 Kg ha⁻¹ e para o fator lâmina a melhor resposta foi quando aplicada a lâmina de 100%.

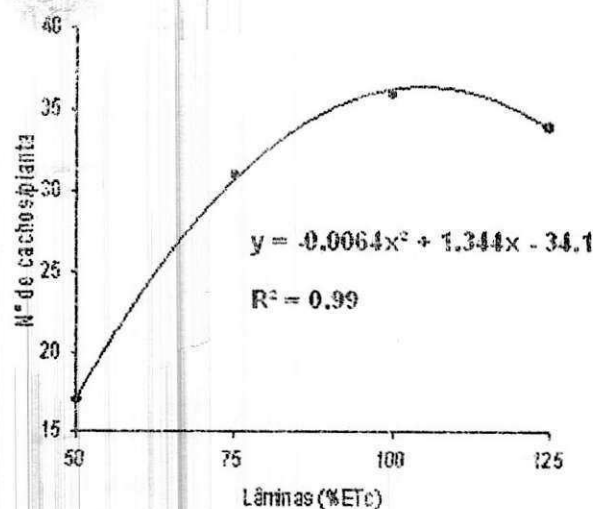
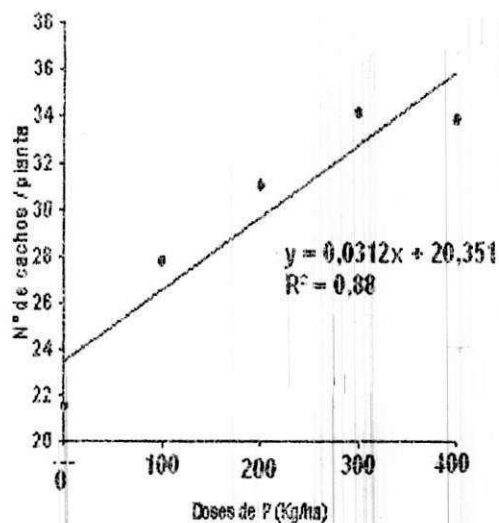
Tabela 16: Valores peso seco dos frutos (PSF), peso da semente (PS), número de cachos por planta (NCP), número de frutos por planta (NFP) e teor de óleo (TO) das sementes do pinhão manso em função da aplicação de diferentes lâminas de irrigação e doses crescentes de fósforo. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, 2011.

Fontes de variação		Médias para doses de fósforo (mm)				
Fósforo (Kg ha ⁻¹)	PSF	PS	NCP	NFP	TO	
100	109,31a	73,79a	21b	93a	22,65a	
200	131,81a	84,67a	28ab	119a	17,74ab	
300	119,67a	76,32a	31ab	131a	14,94b	
400	135,66a	83,82a	34a	123a	13,38b	
500	127,61a	80,59a	33a	130a	16,15b	
Lâminas de irrigação		Médias para lâminas de irrigação (mm)				
50% ETc	59,82c	40,62c	17b	63b	15,06bc	
75% ETc	124,68b	77,03b	32a	127a	14,36c	
100% ETc	189,68a	122,48a	36a	147a	19,65a	
125% ETc	125,06b	79,15b	34a	140a	18,83ab	

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Nas Figuras 13 e 14, verificam-se que os modelos de regressão que melhor representaram os resultados foram o quadrático para o fator lâmina, onde o valor máximo do número de cachos por planta foi 36,3 para a lâmina de 100% .

Souza et al. (2010) concluíram que a irrigação com esgoto doméstico tratado contribuiu para o aumento da produtividade da mamona, porém, os nutrientes contidos no esgoto não eram suficientes para aumentar a produção, em comparação com a adubação recomendada para a cultura. Para Avelar et al. (2005), quanto maior o período de tempo disponível para a planta, em condições ambientais favoráveis, maior será o aumento de frutos formados e, portanto, maior a produtividade.



Figuras 13 e 14. Número de cachos por planta do pinhão manso em função das doses de fósforo e das lâminas de água

5.2.2 - Peso seco dos frutos (PSF), peso da semente (PS) e número de frutos por planta (NFP).

Pelo resumo das variáveis de produção do pinhão manso, apresentado na Tabela 14, observa-se que para o fator fósforo, não houve efeito significativo em nenhuma das três variáveis analisadas, já com relação ao fator lâmina houve efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F, não havendo significância entre a interação desses dois fatores para as variáveis analisadas.

Nota-se também na Tabela 15, que a água residuária exerceu influência no peso das sementes, bem como, nas demais variáveis analisadas, por outro lado, percebe-se que níveis de reposição de água não repercutem no peso da semente e do fruto.

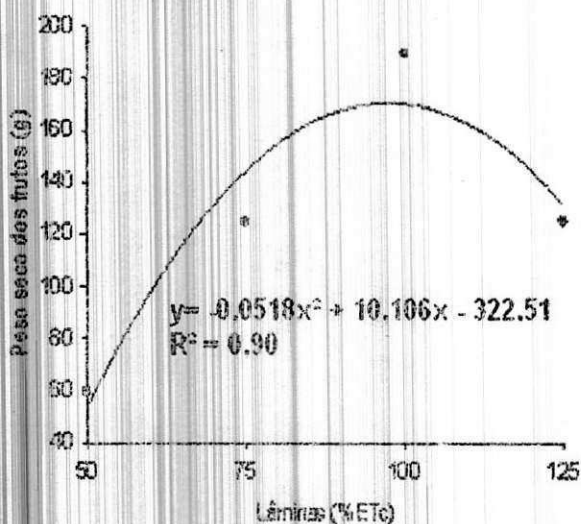
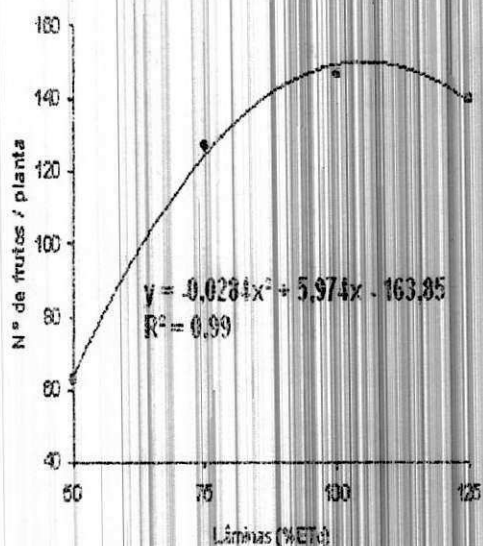
Na Tabela 16 verificam-se que as melhores respostas para o fator dose de fósforo foi na adubação de 200 kg ha⁻¹ para peso das sementes, de 300 kg ha⁻¹ para o número de frutos por planta e 400 kg ha⁻¹ para peso seco dos frutos. Já para o fator lâmina as melhores respostas encontram-se nas lâminas de 100% de irrigação para as três variáveis estudadas.

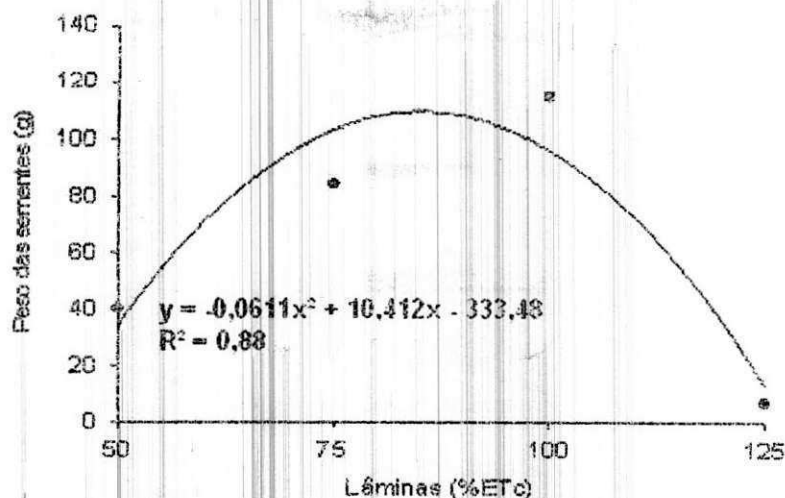
Ao analisar a Tabela 16, deduz-se que o número de frutos por planta teve comportamento idêntico ao peso seco dos frutos, de modo que o pinhão manso irrigado com água residuária só superou as plantas irrigadas com água de abastecimento (testemunha), quando submetidas ao mesmo nível de reposição de água (100%).

Nota-se também que a água residuária teve influência no peso das sementes, bem como, nas demais variáveis analisadas, tendo em vista que plantas irrigadas com níveis de 100% de água têm sementes e frutos com pesos semelhantes; entretanto, plantas com maior restrição hídrica 50% têm médias significativamente inferiores. Por outro lado, percebe-se que níveis de reposição de água não repercutem no peso da semente e do fruto.

Segundo Peixoto (1973), o pinhão manso produz sementes com peso médio de 0,72g por planta, nesse caso, bem inferior ao obtido nesta pesquisa, quando produziu um peso médio de 2,80g por planta. Essa diferença pode ser atribuída à carga genética dos materiais e, em parte, aos nutrientes aportados na água residuária. Peixoto (1973), ainda afirma que o pinhão manso produz, em média 2,75 sementes/fruto do peso total dos frutos, 66,77% são sementes e 33,23% correspondem às cascas. Os resultados deste estudo corroboram com os encontrados por Peixoto (1973) uma vez que, pelas médias observadas, para as sementes e as cascas representaram, respectivamente, cerca de 68% e 32% do peso total dos frutos.

Nas Figuras 15, 16 e 17 nota-se que o modelo matemático que melhor se ajustou foi o quadrático nas três variáveis estudadas, e de acordo com a derivada segunda o valor máximo foi de 167,45g para uma lâmina de aproximadamente 90% para a variável peso seco dos frutos, 110g com lâmina de aproximadamente 85% para a variável peso das sementes e 149g com lâmina de 100% para a variável número de frutos por planta.





Figuras 14, 16 e 17. Número de frutos por planta, peso seco das sementes e o peso das sementes do pinhão manso em função das lâminas de irrigação aplicadas. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB. 2011

5.2.3 – Teor de óleo nas sementes

Pelo resumo das variáveis de produção do pinhão manso, apresentados na Tabela 14, também citada anteriormente, observa-se que para o fator fósforo, houve efeito significativo para variável teor de óleo das sementes a 1% de probabilidade pelo teste F, o mesmo ocorreu com relação ao fator lâmina e a interação fatorial versus testemunha. Já a interação entre os dois fatores lâmina e doses de fósforo pode-se observar, que houve um efeito significativo a 5% de probabilidade para o teste F, para a variável teor de óleo.

O resumo das análises de regressão para a variável, teor de óleo das sementes das plantas de pinhão manso, obtidos ao longo dos 320 DAT, está na Tabela 15, citada anteriormente, onde observa-se efeitos significativos a 1% sobre essa variável em função dos dois fatores estudados, doses de fósforo e lâmina de irrigação.

A resposta do pinhão manso aos tratamentos com água residuária está ilustrada na Figura 16, na qual se observa o efeito linear crescente da variável teor de óleo. Esses resultados reforçam as informações da literatura, sobre a importância dos nutrientes existentes na água residuária, no crescimento/desenvolvimento das plantas. Na Figura 19, observa-se que em relação às doses de fósforo o modelo matemático encontrado foi

quadrático, porém decrescente, sendo seu valor mínimo atingido de 11,42% para uma dose de fósforo aproximada de 370 g/kg de solo.

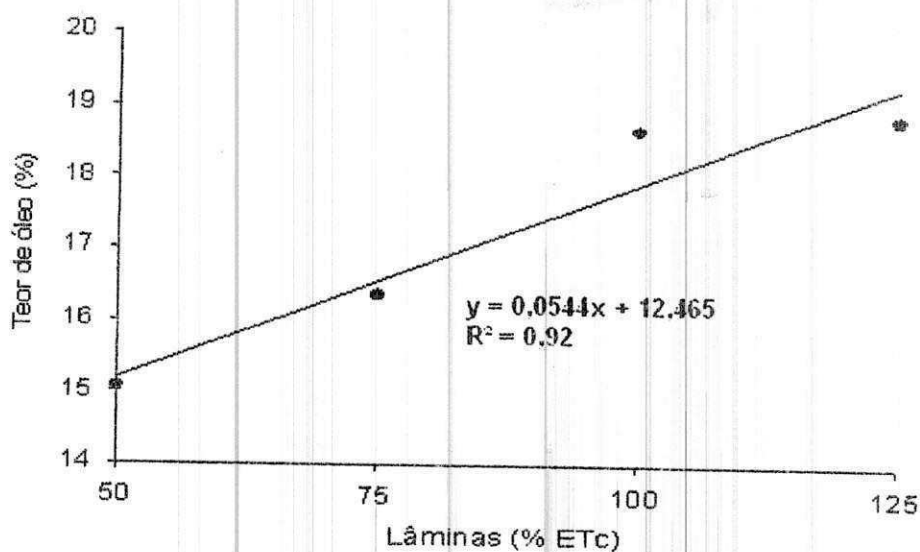


Figura 158. Teor de óleo do pinhão manso em função das lâminas de irrigação aplicada

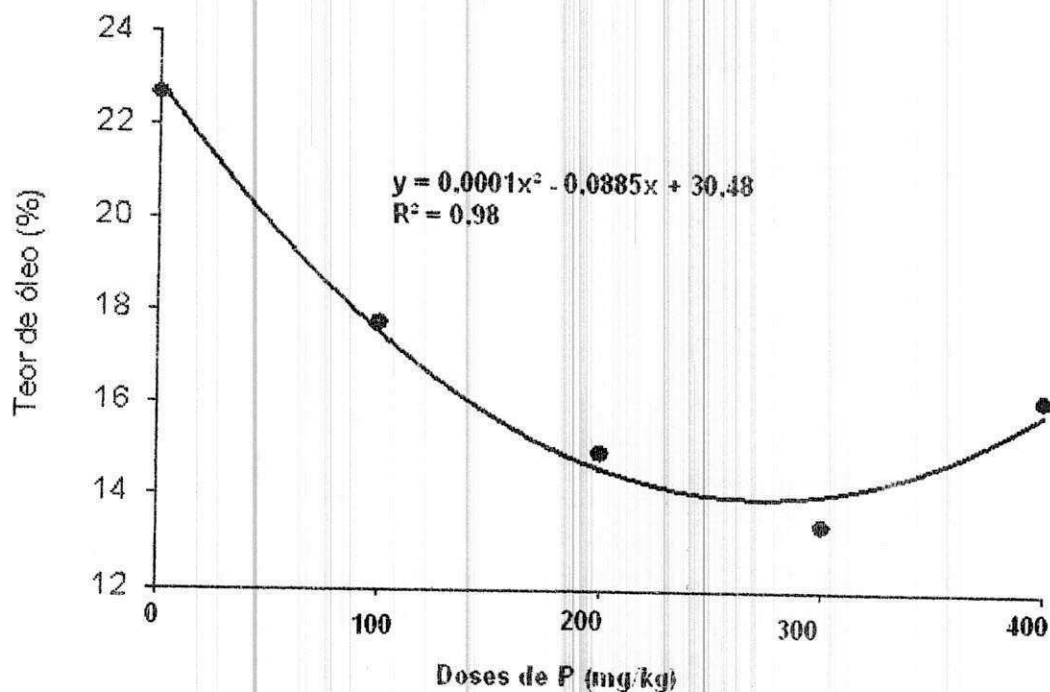


Figura 169. Teor de óleo do pinhão manso em função das doses de fósforo

A partir da equação linear, os acréscimos calculados no teor de óleo e os sucessivos níveis de irrigação foram 15,1, 16,5, 17,9 e 19,2%, respectivamente para as lâminas de 50, 75, 100, 125% de água residuária aplicadas. No primeiro ciclo das mesmas plantas, Silva (2009) também observou resposta linear crescente.

Esta resposta das plantas, para o aumento das lâminas de irrigação segundo Silva (2009), possivelmente, está relacionada a mudanças climáticas e ao aumento da fertilidade do solo no decorrer do tempo. A autora registrou aos 249 dias após o transplântio – DAT, teores médios de óleo de 32,33 e 40,52% para os tratamentos com 25 e 125% da ETc e aos 396 DAT os valores aumentaram para 35,925 e 41,95%.

De acordo com Nery (2011) a produtividade de óleo por hectare é função direta do teor de óleo das sementes (%) e da produtividade da cultura (kg/ha). Como a produção de sementes foi afetada pelas doses de fósforo e ao lado das progressivas reduções no teor de óleo, infere-se que a planta de pinhão, nas condições desta pesquisa, pode ser considerada como sensível a este elemento. Esse mesmo resultado decrescente do teor de óleo em relação ao estresse salino, também foi observado pela mesma autora, durante o primeiro ciclo da cultura.

É conveniente salientar que as plantas irrigadas com água residuária produziram mais bagas e maior quantidade de óleo, do que as que receberam água de abastecimento o que implica em afirmar que tais plantas, produzem melhor em quantidade e qualidade com maior aporte de nutrientes.

Vários fatores como solo, adubação, pluviometria e altitude, podem afetar a produção e a qualidade da semente e, em consequência, o teor de óleo. O uso de água residuária, devido ao aporte de alguns nutrientes, pode contribuir para o aumento do teor de óleo nas sementes.

Severino et al. (2005) verificaram a importância do estado nutricional da mamoneira sobre o teor de óleo nas sementes, com diferenças significativas entre os tratamentos com e sem adubação, aumentando de 43,5% para 47,4% com fornecimento de fertilizantes; a produtividade do óleo (produção x teor de óleo/100) passou de 205,10 kg/ha na ausência da adubação, para 365,20 kg/ha na sua presença, correspondendo portanto a um aumento de 78%.

O alto teor de óleo das sementes de pinhão manso, entre 35 e 38%, aliado a características de queimar sem liberar fumaça, fez dele um dos mais conhecidos biocombustíveis de origem tropical. Resultados com o óleo extraído do pinhão manso,

comparando-o com o diesel: o óleo tem 83,9% do poder calorífico do óleo diesel em um motor diesel, para gerar a mesma potência, ruído mais suave e poluição bem menor (ADAM, 1974; STIRPE, 1976; MAKKAR et al., 1997).

5.3 – Variáveis de Balanço Hídrico

5.3.1 – Consumo de água (CA)

Dentre os principais fatores que vieram a contribuir nos últimos anos para o reaproveitamento da água, estão à escassez de recursos hídricos, o avanço do conhecimento técnico-científico, a legislação ambiental mais rigorosa e atuante, o maior controle da poluição ambiental, a diminuição dos custos de tratamento devido à atuação do solo como forma de disposição e fornecimento de nutrientes e matéria orgânica às plantas, reduzindo os custos com fertilizantes químicos (SANDRI et al., 2007).

O somatório dos volumes totais de água aplicados e drenados foram feitas através de planilha, nos três blocos, com início da irrigação aos 40 dias após a semeadura (DAS) para cada tratamento até o final do experimento (320 DAS), tendo como base os tratamentos com a lâmina de 100% de água residual e após a drenagem dos mesmos, aplicados os volumes de água para os demais tratamentos e lâminas (50, 75 e 125%). O total global aplicado para todos os tratamentos, tiveram acentuada variação e encontram-se na Tabela 17.

Tabela 17: Volume (L) de água aplicado correspondente a cada lâmina de irrigação.

Laminas	Volume Aplicado (L)
50%	347,85
75%	530,30
100%	708,00
125%	884,20
Total	2470,35

Campina grande, 2011

Os resultados do somatório do volume total de água aplicado no experimento para as quatro lâminas de água, podem ser melhor observados na Figura 20

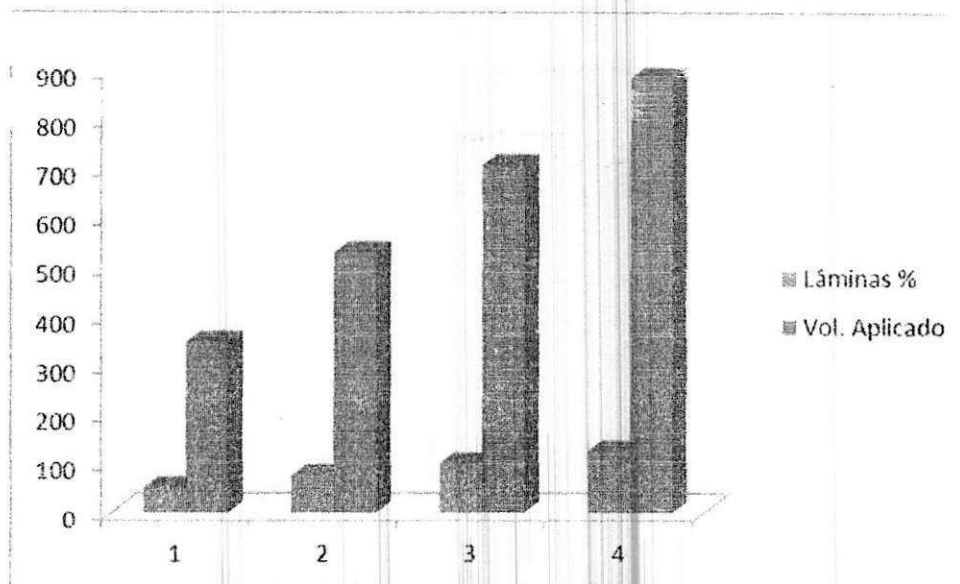


Figura 17. Somatório do volume total aplicado de água durante o experimento

5.3.2 – Eficiência do uso da água

Na Tabela 18 estão apresentados os resultados para a eficiência de uso de água das plantas de pinhão manso. Observa-se que a E.U.A em relação ao peso das sementes foi em torno de $2,003 \text{ kg m}^{-3}$ em todos os tratamentos. O aumento da disponibilidade de água no solo ocasionou maior eficiência de uso da água pelas plantas de pinhão manso, resultando em também maior produção. De acordo com Kramer e Boyer (1995), normalmente o aumento da temperatura e da demanda evaporativa do ar reduz a E.U.A. De maneira oposta, o aumento da umidade relativa aumenta a eficiência de uso da água.

Resultado diferente foi encontrado por Rodrigues (2008), para a mamoneira irrigada com água residuária (E.U.A.= $0,34 \text{ kg m}^{-3}$). O mesmo autor considera essa E.U.A. baixa e ressalta que a produção de bagas também foi baixa, visto que não foram realizadas adubações de cobertura e o aporte de nutrientes da água residuária não foi suficiente para obter melhores rendimentos; portanto, nas irrigações com esgoto doméstico se faz necessário a adubação mineral, visando melhorar os rendimentos e aumentar a eficiência de uso de água.

Tabela 18: Eficiência de uso da água do pinhão manso em função do peso das sementes e consumo total de água aplicado (kg/m^3)

Peso das sementes (kg)	Consumo total aplicado (kg/m^3)
4948,75	2470,35
Total da E.U.A.	2,003 kg/m^3

Eficiência de uso da água do pinhão manso irrigado com água residuária, sob diferentes níveis lâminas de irrigação

5.4 – Fertilidade do solo após a irrigação

Os vegetais necessitam basicamente de O_2 , CO_2 , água, minerais, luz e temperatura para se desenvolver, produzir e se multiplicar. Quando na ausência de algum elemento a planta não completa seu ciclo de vida, ou quando determinado elemento faz parte de alguma substância ou reação bioquímica essencial para a vida do vegetal, o mesmo pode ser considerado essencial ou indispensável à planta (Epstein e Bloom, 2006).

Antes do início da aplicação dos tratamentos foi feita uma análise do solo, conforme os resultados da Tabela 1 (Matériel e Métodos) e na Tabela 4, a média das concentrações dos nutrientes presentes na água residuária utilizada para as irrigações, também encontrada em matériel e métodos.

Aos 330 dias após o transplântio foi realizada a análise da fertilidade do solo na profundidade de 0 – 20 cm, com o objetivo de avaliar os impactos causados pela aplicação de água residuária no solo.

Na Tabela 19, está o resumo das características químicas do solo do início e final do experimento, podendo-se observar que ao final do experimento, houve uma diminuição apenas na quantidade de Mg^{++} e Na^+ onde passaram de 3,63 e 0,24 para 3,03 e 0,22 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ respectivamente. Com relação ao carbono orgânico, matéria orgânica, N, P e K, observou-se aumento nas suas concentrações, a que se deve provavelmente ao uso de água residuária e da adubação fosfatada.

Tabela 19: Características químicas do solo no início e final do experimento.

Nutriente	Unidade	Início do experimento	Final do experimento
Cálcio (Ca ⁺⁺)	Cmol.kg ⁻¹	2,37	3,04
Magnésio (Mg ⁺⁺)	Cmol.kg ⁻¹	3,63	3,20
Sódio (Na ⁺)	Cmol.kg ⁻¹	0,24	0,36
Potássio (K ⁺)	Cmol.kg ⁻¹	0,28	0,31
Soma das bases (S)	Cmol.kg ⁻¹	6,52	6,92
Hidrogênio (H ⁺)	Cmol.kg ⁻¹	0,00	0,02
Alumínio (Al ⁺⁺⁺)	Cmol.kg ⁻¹	0,00	0,00
Capacidade de troca Catiônica (CTC)	Cmol.kg ⁻¹	6,52	5,56
Carbonato de cálcio qualitativo	-	Presença	Presença
Percentagem de Sódio Trocável (PST)	%	0,89	0,93
Carbono orgânico (C- Org.)	g kg ⁻¹	0,22	0,37
Matéria orgânica (M.O)	g kg ⁻¹	0,38	0,65
Nitrogênio (5% M.O)	g kg ⁻¹	0,02	0,03
Fósforo Assimilável (P)	mg kg ⁻¹	2,14	4,43
pH em água (1:2,5) (pH)	-	8,00	8,17
CE da suspensão solo-água (1:2,5) (CEsa)	dS m ⁻¹	0,09	0,16

Análise realizada no Laboratório de Irrigação e Salinidade – UFCG

Para Hespanhol (2002), a irrigação com efluentes de esgoto pode suprir, em parte, as quantidades de certos elementos, principalmente Nitrogênio, Fósforo e Potássio, requeridos pelas culturas, chegando a aumentar a produtividade agrícola. Medeiros et al. (2008) relataram que a aplicação de água residuária na irrigação de cafeeira foi efetiva na melhoria do estado nutricional das cultura, porém não foi suficiente para produções rentáveis.

Como observado na Tabela 19 e ao se considerar que o solo original continha 0,22 e 0,38 g kg⁻¹ de C-Org. e M.O., respectivamente, e que ao final da pesquisa os respectivos valores médios foram 0,37 e 0,65 g kg⁻¹, nota-se que o uso da água residuária fertilizou o solo, aumentando os teores originais, o mesmo aumento foi confirmado por Silva (2009).

Segundo Nery (2011), um nível adequado de matéria orgânica é benéfico ao solo, pois melhora as condições físicas, aumenta a retenção de água, circulação do ar, diminui as perdas por erosão e fornece nutrientes as plantas.

O nitrogênio contido nas águas de irrigação exerce o mesmo efeito para as plantas que o aplicado via fertilizantes, portanto, a aplicação de quantidades excessivas

com a irrigação pode aumentar o crescimento vegetativo, retardar a maturação ou provocar colheitas de baixa qualidade (Ayres & Westcot, 1999).

Ao observar a Tabela 19, nota-se que a concentração inicial de fósforo no solo (após a adubação) encontra-se em torno de $2,14 \text{ g kg}^{-1}$, ao final da pesquisa, observou-se uma concentração ainda maior, em média, $4,43 \text{ g kg}^{-1}$. A concentração média na água de irrigação era menos de $5,0 \text{ mg L}^{-1}$, provavelmente, provenientes do uso de sabões e detergentes sintéticos, restos de alimentos e outras formas de matéria orgânica em decomposição.

Medeiros et al. (2005) constataram que a aplicação de água residuária contendo, em média $12,64 \text{ mg L}^{-1}$ de P, embora muito mais rica que a do presente estudo, só foi capaz de suprir adequadamente as necessidades desse nutriente pelo cafeeiro com a aplicação da lâmina maior, 532 mm ano^{-1} .

De acordo com Raij (1991), um suprimento adequado deste nutriente promove um bom desenvolvimento vegetal, estimula o desenvolvimento radicular, a boa formação de frutos e a precocidade da produção.

De acordo com as Tabelas 1 e 3 a concentração média de K no solo e na água de irrigação eram $0,28 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ e $19,53 \text{ mg L}^{-1}$, respectivamente. Durante o experimento, houve uma pequena evolução na concentração de potássio, de modo que, ao final da pesquisa, o solo continha em média $0,31 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, considerada como uma concentração alta ($>0,30 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$), segundo os manuais de interpretação de análise de solo (EMBRAPA, 1997).

Segundo Feigin, Ravina & Shalhevet (1991), a irrigação com efluente não satisfaz as necessidades das culturas em K, mas pode promover o aumento de seu teor no solo, como ocorreu no presente trabalho. Medeiros et al. (2005) constataram que, com aplicação da lâmina de 532 mm ano^{-1} de água residuária, contendo, em média, $32,30 \text{ mg L}^{-1}$ de K (concentração maior que a presente na pesquisa), só foi capaz de suprir 58% da demanda desse nutriente pelo cafeeiro, devido à grande exigência da cultura.

Ao contrário de outros nutrientes, o potássio não forma compostos nas plantas, mas permanece livre para regular processos essenciais, como ativação enzimática, fotossíntese, uso eficiente da água, formação de amido e síntese de proteínas (Malavolta, 1996).

A aplicação controlada de água residuária ao solo pode vir como alternativa para fertilização das culturas, potencializando a produção de alimentos; contudo, é conveniente o monitoramento constante dos atributos do solo, a fim de se identificar possíveis contaminações da aplicação de água residuária.

6 - CONCLUSÕES

1. Considerando as variáveis de crescimento (altura da planta, diâmetro caulinar e área foliar) verifica-se que, a água residuária, rica em nutrientes minerais, incrementou o crescimento em relação às plantas, em especial nos últimos períodos das avaliações.
2. Com relação ao fator doses de Fósforo P_2O_5 (0, 100, 200, 300 e 400 mg/kg de solo), verificaram-se que o houve um decréscimo com relação ao efeito da adubação do pinhão manso com relação ao diâmetro caulinar.
3. Considerando as variáveis ligadas a produção, constatou-se que elas foram mais afetadas que as variáveis de crescimento. As variáveis PSF, PS e NFP não foram afetadas em relação às doses, enquanto com relação às lâminas todas as variáveis apresentaram respostas significativas nas avaliações.
4. Com relação ao consumo de água no período de 40 - 320 DAT no pinhão manso foi constatado que o consumo de água aumentou com o uso da água residuária, bem como com a adubação fosfatada.
5. Referente a E.U.A, o aumento da disponibilidade de água no solo ocasionou maior eficiência de uso da água pelas plantas de pinhão manso, resultando em maior produção.
6. Ao final da pesquisa as concentrações no solo de C-Org, M.O, P, K^+ e Ca^{++} foram superiores as concentrações iniciais, provavelmente devido a irrigação com a água residuária.
7. O teor de óleo do pinhão manso apresentou resultados significativos em relação à aplicação de água residuária porém apresentou resultado decrescente com relação as doses de fósforo, o mesmo observado com o diâmetro caulinar.
8. A fertilidade do solo foi melhorada com a aplicação de água residuária, sendo mais perceptível sobre Fósforo (P), Cálcio (Ca) e soma das bases (S).

7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adam S. E. Toxic effects of *jatropha curcas* in mice. *Toxicology*. 1974. p.67-76.
- Albuquerque, W. G.; Freire, M. A de O.; Beltrão, N. E. de M.; Azevedo, C. A. V. de. Avaliação do crescimento do pinhão manso em função do tempo, quando submetido a níveis de água e adubação nitrogenada. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, V. 9, p. 68-73, 2009.
- Almeida Júnior, A. B.; Oliveira, F. de A. de; Medeiros, J. F. de; Oliveira, M. K. T. de; Linhares, P. C. F. Efeito de doses de fósforo no desenvolvimento inicial da mamoneira. *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 22, p. 217-221, 2009.
- Angus, J. F.; Van Herwaarden, A. F. Increasing water use and water efficiency in dryland wheat. *Agronomy Journal*, Madison, Wi, v. 93, p. 290-298, 2001.
- Anyia, A. O.; Herzog, H., Water-use efficiency, leaf area and leaf gas exchange of cowpeas under mid-season drought. *eur. J. Agron.* 20, 2004. p.327-339.
- Arruda, F. P. de.; Beltrão, N. E. de M.; Andrade, A. P. de.; Pereira, W. E.; Severino, L. S. Cultivo de pinhão manso (*jatropha curcas* L.) como alternativa para o semi-árido nordestino. *Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas*, v. 8, p. 789-799, 2004.
- Avelar, R. C.; Júnior, D.; Aparecido, M.; Carvalho, J. P. F.; Produção de mudas de pinhão manso (*jatropha curcas* L.) em tubetes. in: Congresso Brasileiro de Plantas oleaginosas, óleos, gorduras e biodiesel, 1.; 2005, Viçosa. anais... Viçosa, Embrapa e ABPPM, 2005.
- Ayers, R. S.; Westcot, D. W. A qualidade de água na agricultura. 2.ed. Campina Grande: UFPB, 1999, 153p.
- Beltrão, N. E. de M.; Oliveira, M. I. P. de; Amorim, M. L. C. M. de. Opções pra a produção de biodiesel no semi-árido em regime de sequeiro: por que algodão e mamona. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2009. 36p.
- Beltrão, N. E. M. Considerações gerais sobre o pinhão-manso (*jatropha curcas* L.) e a necessidade urgente de pesquisas, desenvolvimento e inovações tecnológicas para esta planta nas condições brasileiras. Campina Grande – pb, 2006. 4p.
- Beltrão, N. E. de M.; Severino, L. S.; Suinaga, F. A.; Veloso, Y. F.; Junqueira, N.; Fideles, Mmond, M.A.; Anjos, J. B. dos; Pinhão manso. recomendação técnica sobre o plantio no brasil, 2007. folder.
- Braga, B.; Hespanhol, I.; Conejo, J. G. L. Introdução à engenharia ambiental. São Paulo: Prentice hall, 2002.300p

- Brasil. Ministério da Indústria e Comércio. Secretaria de Tecnologia Industrial. Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais. Brasília, 1985. 364 p.
- Cáceres, D. R.; Portas, A. A.; Abramides, J. E. Pinhão-mansão. 2008
- Carnielli, F. O combustível do futuro. 2008 disponível em: www.ufmg.br/boletim/bul1413.
- Carvalho, A. M. X. Fungos micorrizicos arbusculares no crescimento de mudas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). Viçosa. Universidade Federal de Viçosa. 2008. 48p. Dissertação de Mestrado
- Chae, Y. M. & Tabatabai, M. A. Mineralization of nitrogen in soils amended with organic wastes. *Journal of environmental quality*, v.15, p.193-198, 1986.
- Coelho Filho, M. A.; Angelocci, I. R.; Vasconcelos, M. R. B.; Coelho, E. F.; Estimativa da área foliar de plantas de lima acida 'tabiti' usando métodos não-destrutivos. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal – SP, v. 27, p. 163-167, 2005
- Cortesão, M. Culturas tropicais: plantas oleaginosas. Lisboa: Clássica, 1956. 231p.
- Dae. Disponível em: <http://daescs.sp.gov.br>. acesso em 15/11/2010
- Dias, L.A.S.; Leme, L. P.; Laviola, B.G.; Pallini, A. cultivo do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.): para produção de óleo combustível. Viçosa – MG, 2007. 40p.
- Doorenbos, J.; Kassam, a. H. efeito da água no rendimento das culturas. Campina Grande: UFPB, 1994. 306p.
- Drumond, M. A.; Santos, C. A. F.; Oliveira, V. R. de; Martins, J. C.; Anjos, J. b. dos; Evangelista, M. R. V. Desempenho agrônômico de genótipos de pinhão manso no semiárido pernambucano. *Revista Ciência Rural*, v. 40, 2010.
- Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro nacional de pesquisa de solos. Manual de métodos de análises do solo. 2 ed. rio de janeiro, 1997. 212p.
- English, M.; Raja, S. N, Perspectives on deficit irrigation. *Agr. Water manage.* 1996. 14p.
- Feigin, A.; Ravina, J.; Shalhevet, J. Irrigation with treated sewage effluent: Management for environmental protection. Berlin: Springer-verlag, 1991. 224p.
- Ferrari, R. A.; Casarini, M. B.; Marques, D. de A.; Siqueira, W. J. Avaliação da composição química e de constituinte tóxico em acessos de pinhão manso de diferentes origens. *Brazilian journal of food technology*, v. 12, p. 309-314, 2009.
- Ferreira, P. V. Estatística experimental aplicada à agronomia. 2.ed. Revisada e ampliada. Maceió: UFAL/EDUFAL/FUNDEPES, 2000. 437p.

- Ferreira, U. C. de Q. Crescimento, desenvolvimento e produção de pinhão manso submetido à irrigação com água residuária e adubação com farelo de mamona. Campina Grande: UFCG. 2011. 118p. Tese de Doutorado
- Ferreira, O. E.; Beltrão, N. E. de M.; König, A. Efeitos da aplicação de água residuária e nitrogênio sobre o crescimento e produção do algodão herbáceo. Revista Brasileira de oleaginosas e fibrosas, v. 9, p. 893-902, 2005.
- Frasson, D. B.; Nied, A. h.; Vendruscolo, M. C.; Soares, V. A.; Assunção, M. P. Emissão de cachos e frutos do pinhão manso em diferentes fontes de adubação no período seco e chuvoso. 2ª Jornada Científica da UNEMAT, Barra dos Bugres, MT, 2009.
- Freire, E. de A. Crescimento inicial do pinhão manso em função da irrigação com água residuária e adubação orgânica. Campina Grande: UFCG. 2011. 64p. Dissertação de Mestrado
- Grant, C. A.; Platen, D. n.; Tomaziewicz, D. J.; Sheppard, S. c. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. Informações agronômicas, Piracicaba, SP. n. 95, 2001.
- Guimarães, A. S. Crescimento e desenvolvimento inicial do pinhão manso (*Jatropha curcas L.*) em função de fontes e quantidades de fertilizantes. Areia, 2008. 92p. Tese de Doutorado
- Gusmão, C. A. G. Desempenho do pinhão manso (*Jatropha curcas L.*) de segundo ano submetido a diferentes doses e relações NPK. Montes Claros: UEMC, 2010. 81p. Dissertação de Mestrado
- Hatfield, J. L.; Sauer, T. J.; Prueger, J. H. Managing soils to achieve greater water use efficiency: A review. Agron. J. 93, p. 271-280. 2001
- Hernandez, F. B. T. Determinação do consumo de água na cultura do trigo (*Triticum aestivum L.*) na região de Jaboticabal - SP. Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Universidade Estadual Paulista Prof. Julio de Mesquita Filho, 1991. 77p. Dissertação de Mestrado
- Hespanhol, I. Potencial de reúso de água no Brasil - agricultura, indústria, municípios e recarga de aquíferos. in: Mancuso, P. C. S.; Santos, H. F. (eds). Reúso de água. Universidade de São Paulo. Faculdade de Saúde Pública, Núcleo de informações em saúde ambiental. SP: Manole, 2003. cap.3, p.37-95.
- Hespanhol, I. Potencial de reúso de água no Brasil - agricultura, indústria, municípios e recarga de aquíferos. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre, RS. v.7, p.75-95, 2002.
- Hoppo, S. D.; Elliot, d. E.; Reuter, d. J. Plant tests for diagnosing phosphorus deficiency in barley (*Hordeum vulgare L.*). Australian Journal of experimental agriculture, v.39, p.857-872, 1999.

- Khan, Moazzam.; Shaukat, S.S.; Khan, M. A. Growth, yield and nutriente contiente of sunflower (*helianthus annuus l.*) using treated wastewater from waste stabilization ponds. *Pakistan journal of botany*, v.41, p. 1391-1399, 2009.
- Kramer, P.J.; Boyer, J.S. Water relations of plants and soils. San Diego: Academic, 1995. 495p.
- Jordão, E. P.; Pessôa, C. A. Tratamento de esgotos domésticos. 3 ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995. 692 p.
- Laviola, B.G.; Martinez, H.E.P.; Souza, R.B.; Salomão, L.C.C. & Cruz, C.D. Acúmulo de macronutrientes em frutos de cafeeiros em Viçosa - MG. In: Simpósio de pesquisa dos cafés do Brasil, 5., Águas de Lindóia, 2007. Anais... Águas de Lindóia, 2007. cd-rom.
- Laviola, B. G.; Dias, A. S., Teor e acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de pinhão manso, *Revista Brasileira de Ciência do Solo* v. 32, p.123 – 135, Viçosa, 2008.
- Lavres Junior, J.; Nogueira, T. A. R.; Cabral, C. P.; Malavolta, E. Deficiências de macronutrientes no crescimento e na produção da mamoneira cultivar iris. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 4, p. 405 - 413, 2009.
- Lyra, R. B. a.; Efeito de substrato para produção de mudas de leucina (*leucena leucocephala*) em bandejas de isopor. Mossoró: ESAM. 1997, 41p. Monografia de Graduação em Agronomia
- Machado, L. de o. Apostila Adubação Fosfatada, 2010
- Makkar, H.P.S.; Becker, K.; Sporer, F.; Wink, m. Studies on nutritive potential and toxic constituents of different provenances of *jatropha curcas*: *Journal of agriculture food chemistry*, USA, v.45, p.3152-3157, 1997.
- Malavolta, E. Nutri-fatos: informação agrônômica sobre nutrientes para as culturas. arquivo do agrônomo. Piracicaba: Potafos, n.10, p.13. 1996.
- Mancuso, P. C. S.; Santos, H. F. Reúso de água. Universidade de São Paulo. Faculdade de Saúde Pública. Núcleo de informações em saúde ambiental. são paulo: manole, 2003. 202p
- Medeiros, S.S.; Soares, A.A.; Ferreira, P. A.; Neves, J. C. L.; Souza, J. A. Utilização de água residuária de origem domestica na agricultura: estudo do estado nutricional do cafeeiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, p. 109.115, 2008.
- Medeiros, S.S.; Soares, A.A.; Ferreira, P. A.; Neves, J. C. L.; Souza, J. A. Utilização de água residuária de origem domestica na agricultura: estudo das alterações químicas do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 9, p. 603-612, 2005.

- Medeiros, J. F., Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo "gat" nos estados de RN, PB e CE. Campina Grande: UFPB, 1992. 173p. Dissertação de Mestrado
- Menezes, L. S.; Cardoso, E. A.; Pires, G. S.; Filho, J. A. Efeito do substrato na produção de mudas de pinheira (*anona squamosa L.*) em bandejas de isopor. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 17, 2002, Belém do Pará – PA. Anais... Belém do Pará, 2002.
- Mendonça, S. R., Lagoas de estabilização e aeradas mecanicamente: novo conceito - Ed. Universitária/UFPB, João Pessoa, 1990.
- Moura Neto, A.; Silva, J. T. A.; Silva, I. P.; Costa, E. L. Efeito da aplicação de diferentes doses de fósforo no pinhão-mansão (*jatropha curcas L.*). In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 31, Gramado - RS. Anais... Gramado, RS: Sociedade brasileira de ciência do solo, 2007. Cd-rom
- Nery, A. R. Crescimento e desenvolvimento do pinhão manso irrigado com águas residuária e sanilizada – segundo ciclo de produção. Campina Grande: UFCG. 2011. 212p. Tese de Doutorado
- Neto, M. C.; Pinhão manso: características botânicas (2007) Disponível em <http://brasilbio.blogspot.com/2007/11/caracteristicas-botanicas.html>
Acesso em 11/11/2009.
- Novais, R. F.; Smyth, T. J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p.
- Novais, R. F.; Neves, J. C. L.; Barros, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: Oliveira, A. J.; Garrido, W. E.; Araújo, J. D.; Lourenço, s. (coord.) métodos de pesquisa em ambiente controlado. Brasília - DF: Embrapa, documentos 3, p.189-273, 1991.
- Nuvolari, A. Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reúso agrícola. Coordenação Ariovaldo Nuvolari. São Paulo: Edgard Blücher, 2003, 520p.
- Nunes, C. F.; Pasqual, M.; Santos, D. N. dos; Custódio, T. N.; Araújo, A. G. de. Diferentes suplementos no cultivo in vitro de embriões de pinhão manso. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 43, p. 9-14, 2008.
- Nunes, C. F.; Caracterização de frutos, sementes e plântulas e cultivo em embriões de pinhão manso (*jatropha curcas L.*) Lavras: UFL. 2008. 78p. Dissertação de Mestrado
- Oliveira, J. P. M.; Scivittaro, W. B.; Castilhos, R. M. V.; Oliveira Filho, L. C. I. Adubação fosfatada para cultivares de mamoneira no Rio Grande do Sul. Revista Ciência Rural, v. 40, p. 1835-1839, 2010.
- Peixoto, A. R. Plantas oleaginosas arbóreas. São Paulo: Nobel, 1973. 282p.

Pinhao manso. Disponível em: <<http://www.pinhãomanso.com.br>>. Acesso em 05/04/2010

Prezotti, L. C Fertilização do cafeeiro. In: Zambolim, L. Tecnologias de produção de café com qualidade. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2001. 607-615p.

Prosab - Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/prosab/index.html>>. Acesso em: 17 de agosto de 2011

Purcino, A.A.C.; Drummond, O. A. Pinhão manso. Belo Horizonte: EPAMIG, 1986. 7p.

Raij, B. V. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba: Potafos. 1991. 343 p.

Ramos, M.J.M.; Caracterização de sintomas de deficiência de macronutrientes e de boro em abacaxizeiro cultivar imperial. Campos dos Goytacazes - RJ: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. 2006. 109p. Tese de Doutorado

Ribeiro, M. S.; Lima, L. A.; Faria, F. H. de. S.; Rezende, F. C.; Faria, L. do A. Efeitos de águas residuárias de café no crescimento vegetativo de cafeeiros em seu primeiro ano. Revista Engenharia Agrícola, v. 29, p. 569-577, 2009.

Richards, L. A. Diagnostico y recuperación de suelos salinos y sódicos. México, 1954. 172p.

Rodrigues, L. N. Níveis de reposição da evapotranspiração da mamoneira irrigada com água residuária. Campina Grande: UFCG. 2008. 161p. Tese de Doutorado

Sandri, D.; Matsura, E. E.; Testezlaf, R. Desenvolvimento da alface elisa em diferentes sistemas de irrigação com água residuária. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 11, p. 17-29, 2007.

Santos, C. M. dos; Fenologia e capacidade fotossintética do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) em diferentes épocas do ano no estado de Alagoas. Rio Largo: UFAL. 2008, 79p. Dissertação de Mestrado

Santos, S.; Ferreira Jr., E. J.; Pires, B. E Netto, A. P. C. Efeito de diferentes adubações no desenvolvimento inicial de mudas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) in: Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, óleos, gorduras e biodiesel, 4., Varginha, MG. Anais... Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2007.

Saturnino, H.M.; Pacheco, D.D.; Kakida, J. Tominaga, N.; Gonçalves, N.P. Cultura do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). in: Informe Agropecuário, Belo Horizonte, Epamig, v.26, p.44-78, 2005.

Savy Filho, A. Mamona: Tecnologia agrícola. Campinas: Emopi, 2005, 105 p.

- Silva, M. B. R.; Fernandes, P. D.; Dantas Neto, J.; Nery, A. R.; Rodrigues, L. N.; Viegas, R. A. Crescimento produção do pinhão manso irrigado com água residuária sob condições de estresse hídrico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, p. 621-629. 2011.
- Silva, M. B. R. Crescimento, desenvolvimento e produção do pinhão manso irrigado com água residuária em função da evapotranspiração. Campina Grande: UFCG. 2009. 153p. Tese de Doutorado
- Silva, J. T. A.; Costa, E. L.; Silva, I. P. E, Neto, A. M. Adubação do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) com nitrogênio e fósforo. in: Congresso Brasileiro de plantas oleaginosas, óleos, gorduras e biodiesel, 4, Varginha, 2007, anais... Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2007.
- Silva, L. C.; Beltrão, N. E. de M. Incremento de fitomassa e produtividade do amendoimzeiro em função de lâmina e intervalos de irrigação. *Revista de Oleaginosas e Fibras*, v.4, p.11-121. 2000.
- Sofiatti, V.; Gheyi, H. R.; Lima, R. L. S.; Severino, L. S.; Ariel, N. H.C. Efeito da adubação fosfatada sobre o crescimento e teor de macronutrientes de mudas de pinhão manso. *Revista Ciência Agronômica*, v. 42, p. 950-956, 2011.
- Sousa, J. T.; Leite, V. D. Tratamento e utilização de esgotos domésticos na agricultura. 2.ed. Campina Grande: EDUEP, 2003. 135p.
- Souza, R. M. de; Nobre, R. G.; Gheyi, H. R.; Dias, N. da S.; Soares, F. A. L. Utilização de água residuária e de adubação orgânica no cultivo do girassol. *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 23, p. 125-133, 2010.
- Souza, K. S., Oliveira, F. A. de; Guedes Filho, D. H.; Brito Neto, J. F. de. Avaliação dos componentes de produção da mamoneira em função de doses de calcário e fósforo. *Revista Caatinga*, v. 22, p. 116-122, 2009.
- Souza, L. F. da S. Exigências edáficas e nutricionais. in: o abacaxizeiro, cultivo, agroindústria e economia. Eds Cunha, G. A. P. da, Cabral, J. R. S., Souza, L. F. da S. Brasília: EMBRAPA Comunicação para transferência de tecnologia, 1999.
- Stirpe, F; Pession-brizzi, A; Lorenzoni e, strocchi, P; Montanaro, L and Sperti s; Studies on the proteins from the seeds of croton tiglium and of jatropha curcas. toxic properties and inhibition of protein synthesis in vitro: *Biochem j.* 1976, p. 1-6.
- Tominaga, N.; Kakida, J.; Yasuda, E.K.; Sousa, L.A.S.; Resende, P.L.; Silva, N.D. Cultivo do pinhão manso para produção de biodiesel. Viçosa - MG, Centro de produções técnicas - cpt. 2007. 220p.
- Vale, L. S.; Severino, L. S.; Beltrão, N. E. de M. Efeito da salinidade da água sobre o pinhão manso. in: I Congresso da Rede Brasileira de tecnologia do Biodiesel. Anais..., Brasília - DF. 2006.

Van Haandel, A., Lettinga, G. Tratamento anaeróbio de esgotos – um manual para regiões de clima quente. Campina Grande: Guerreiro e catunda. 1994. 125p.

Von Sperling, M. Introdução à qualidade das águas e o tratamento de esgotos. 2ª ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

Zucareli, C.; Ramos Júnior, E. U.; Barreiro, A. P.; Nakagawa, J. Cavariani, C. Adubação fosfatada, componentes de produção, produtividade e qualidade fisiológica em sementes de feijão. Revista Brasileira de Sementes, v. 28, p. 09-15, 2006.